

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное общеобразовательное учреждение
высшего профессионального образования

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

И.В. ЖУРАВЛЕВА

**РЕКОНСТРУКЦИЯ
ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ И СООРУЖЕНИЙ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Учебное пособие

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
научно-методическим советом Воронежского государственного
архитектурно-строительного университета для студентов,
обучающихся по направлению 270100 «Строительство»*

ВОРОНЕЖ 2011

УДК 628.1/2.001(075)

ББК 38.761(я7)

Ж911

Рецензенты:

*кафедра планировки, кадастра населённых мест и земельного права
Воронежского государственного аграрного университета;
С.Е. Печерский, директор ЗАО «ПолиЭк»*

Журавлева, И.В.

Ж911 **Реконструкция инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения** : учеб. пособие / И.В. Журавлева, Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2011. - 146 с.

В пособии изложен порядок самостоятельного изучения курса **«Реконструкция инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения»**, отражены причины неудовлетворительной работы инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения и предложены пути их устранения за счёт реконструкции отдельных элементов или системы в целом. Предложения по реконструкции основаны на материалах международных конференций, на новшествах, предложенных в периодической печати и специальной литературе, и на опыте, накопленном автором при работах на различных объектах систем водоснабжения и водоотведения России и ближнего зарубежья (с различными климатическими и эксплуатационными условиями). Пособие снабжено контрольными вопросами по курсу для подготовки студентов к зачётам и выполнения контрольных работ по курсу.

Предназначено для студентов всех форм обучения специальности 270112 «Водоснабжение и водоотведение» и других специальностей, обучающихся по направлению 270100 «Строительство».

Ил. 38. Табл. 17. Библиогр.: 70 назв.

УДК 628.1/2.001(075)

ББК 38.761(я7)

ISBN 978-5-89040-335-3

© Журавлева И.В., 2011

© Воронежский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие современных городов и их инфраструктуры должно выполняться в условиях *комплексного решения* организационных, экономических, управленческих и инженерно-технических задач в жилой и промышленной зонах, чтобы обеспечить комфортные жилищные условия, удовлетворить социальные и культурно-эстетические потребности граждан. В существующих городах активно перепланируют улицы, городские магистрали для удобства транспортного обеспечения. Нельзя *забывать и о решении вопросов экологии* окружающей среды, обеспечении населения **качественной питьевой водой**, сохранении зон санитарной охраны водоёмов и коммунальных объектов. При разработке генеральных планов населённых пунктов следует **оставлять коридоры для устройства инженерных коммуникаций**, в том числе *инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения хозяйственно-бытовых и ливневых стоков*.

Обязательными элементами инженерной деятельности при реконструкции городских объектов являются:

- исследование состояния окружающей среды, влияния на неё принимаемых инженерных решений по перепланировке города;
- анализ технического состояния инженерных коммуникаций и сооружений на них, изменение их характеристик;
- обследование и квалифицированная оценка пригодности существующих коммуникаций и соответствие их современным нормам и стандартам.

Важное место в жилищно-коммунальном хозяйстве занимает нормальная работа систем водоснабжения и канализации, с обязательным обеспечением необходимых требований к качеству питьевой воды и уровню очистки сточных вод. Должна быть снижена уязвимость источников водоснабжения от техногенных воздействий и решены вопросы санитарной очистки города за счёт строительства мусороперерабатывающих заводов, установок для таяния снега и предприятий для переработки биологических отходов.

При разработке планов стратегии развития города целесообразно учитывать новые инженерные технологии: локализацию источников водоснабжения и канализации, внедрение водо- и энергосберегающих технологий как на производственных объектах, так и в жилых комплексах.

Из-за высокой плотности застройки центральных городских районов особого внимания требует решение проблемы их экологического состояния с учётом природоресурсного потенциала этих территорий и целесообразного зонирования систем водоснабжения и водоотведения.

Реализация планов реконструкции и обновление сложившейся застройки городов и сопровождающих её инженерных систем должна решаться как системная задача, состоящая из следующих *шагов* [11]:

- координации архитектурно-строительных разработок и выполнения эффективной структурной, производственной, инвестиционной, финансовой, тарифной и налоговой политики, развития приоритетных направлений и сфер городского хозяйства и инфраструктуры на перспективный период;
- учёта, регистрации, оценки и эффективного использования городского имущества;
- взаимодействия городских органов управления с субъектами рыночной инфраструктуры в вопросах, касающихся объектов недвижимости инженерных сетей и сооружений, находящихся как в частной, так и общественной собственности;
- привлечения инвестиций в жилищное строительство за счёт продаж жилья, объектов незавершённого строительства, прав аренды земли, частных инвестиций и развития городской инфраструктуры;
- приведения градостроительной нормативно-технической документации в соответствие с новыми требованиями федеральных законов, регулирующие вопросы градостроительной деятельности.

Развитие инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения тесно переплетено с градостроительными решениями. Их параметры зависят от плотности населения, этажности районов и нормы водопотребления.

Смена этажности сложившегося градостроительного комплекса требует оценки пригодности существующих инженерных коммуникаций на основе проведения грамотных инженерных расчётов и современной теледиагностики подземных трубопроводов [9].

Вопросы долгосрочного территориального прогнозирования и планирования, формирования благоприятной среды жизнедеятельности населения и *инфраструктуры жилищно-коммунального хозяйства* принимаются на основании градостроительной документации [2, 5-8, 33, 21, 24], в том числе при разработке генеральных планов населённых пунктов.

ВВЕДЕНИЕ

Предметом изучения данного курса являются инженерные системы водоснабжения и водоотведения, находящиеся в эксплуатации и требующие модернизации и интенсификации, напрямую зависящие от застройки, её планировочных и конструктивных особенностей.

Цель курса «Реконструкция инженерных систем и сооружений водоснабжения и водоотведения» - научить студентов использовать передовые методы реконструкции сетей водоснабжения и канализации и сооружений водоочистки. Выпускник должен знать основные научно-технические проблемы и перспективы развития науки, техники и технологии отрасли водоочистки и уметь применять их в курсовых и дипломных проектах.

В учебном пособии рассмотрены тенденции современного *развития населённых пунктов* и их влияние на формирование **инженерных сетей и сооружений**, актуальность их реконструкции в связи с изменениями Российского законодательства, ужесточения требований к качеству питьевой воды и сбросу очищенных сточных вод в водоёмы.

В учебном пособии сжато освещены вопросы правовых основ реконструкции систем водоснабжения, водоотведения и водных объектов России; основные задачи реконструкции, выбор оптимального режима совместной работы узлов систем водоснабжения и водоотведения; технологические приёмы, конструктивные изменения и методы их расчёта, применение новых материалов и реагентов. Предложен метод расчёта основных технологических параметров горизонтального отстойника-осветлителя с направляющим полочным распределительным устройством на входе. Оценена роль и последствия неудовлетворительной работы каждого элемента в общем технологическом комплексе очистной станции канализации. Эффективные элементы предлагаются на основе современных достижений в области водоснабжения и водоотведения по материалам Международных конференций, конгрессов и центральной печати, патентам и исследованиям, проведённым автором совместно с сотрудниками кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения ВГАСУ.

Поиск ответов на контрольные вопросы позволит студентам приобрести практические инженерные навыки принятия решений, развить аналитическое мышление при рассмотрении альтернативных вариантов, внедрения новшеств, накопленных отечественной и зарубежной практикой, передовых научно-технических достижений с учётом современных требований экономики и экологии окружающей среды.

Учебное пособие предназначено студентам и будет полезно инженерно-техническим работникам проектных и эксплуатационных организаций, исследователям, которые занимаются вопросами реконструкции и обновления сложившейся коммунальной инфраструктуры – инженерных сетей, сооружений на них и сооружений для очистки природных и сточных вод.

Глава 1

Тенденции современного развития населённых пунктов и их влияние на формирование и реконструкцию инженерных сетей и сооружений

Основным документом градостроительного планирования является генеральный план населённого пункта, благоустройства территории, развития инженерной транспортной и социальной инфраструктуры. Он способствует рациональному использованию природных ресурсов, экономическому и санитарному благополучию населённого пункта.

Обязательными положениями генеральных планов населённых пунктов являются:

- установление зон различного функционального назначения и ограничений на использование территорий указанных зон при осуществлении градостроительной деятельности;
- установление границы населённого пункта (городская черта);
- решения по совершенствованию и развитию планировочной структуры;
- параметры развития и модернизации инженерной, транспортной, производственной, социальной инфраструктур во взаимосвязи с развитием федеральной, региональной инфраструктур и благоустройства территорий;
- первоочередные градостроительные мероприятия по реализации генерального плана, включая предложения по перечню объектов градостроительной деятельности, требующих разработки первоочередной градостроительной документации;
- меры по улучшению экологической обстановки.

Основные признаки, характеризующие современное российское градостроительство, во многом отличное от градостроительства предшествующего периода, таковы [11, 12]:

- государство перестало активно инвестировать средства в развитие городской инфраструктуры (как инженерной, так и социальной), перестало быть носителем единой стратегии обустройства жизни народа и стремится всё дальше отойти от этой роли;

- градостроительство в новых условиях должно опираться на частные инвестиции (как правило, в денежной форме);

- государственная собственность на землю и строительную недвижимость, включая жилищно-коммунальные комплексы городов, в значительной мере перешла в сферу муниципальной и частной собственности. Происходит разгосударствление собственности на землю и недвижимость, включая жилищно-коммунальные комплексы городов;

- в крупнейших, крупных городах новое жилищное строительство и создание новых рабочих мест существенно преобладает над реконструкцией и модернизацией производственных и других объектов, что ведёт к нерациональному использованию городской и пригородной территории, удо-

рожанию жилищного строительства, усложнению решения транспортных, инженерно-технических и экологических проблем;

- интенсивно (точечно) застраиваются центральные части городов за счёт уплотнения жилой застройки, вызывая тем самым острые социальные противоречия между местными органами исполнительной власти и жителями;
- малые города и посёлки городского типа существенно отстают от крупных городов по качеству жилища, уровню благоустройства и инженерного оборудования, социального и культурно-бытового обслуживания, медленно развивается их экономическая база, не реализуются предложения по размещению специализированных производств, местной промышленности, объектов отдыха и туризма;
- большинство сельских населённых пунктов и сельских районов по-прежнему остаются с неразвитой инфраструктурой, многие посёлки и деревни практически вымирают. Падают темпы дорожно-транспортного строительства в сельской местности, не расширяется сеть опорных благоустроенных центров сельскохозяйственного производства и обслуживания сельского населения, в результате чего на значительной территории страны отток населения из сельской местности и сокращение числа сельских населённых пунктов достигли недопустимо высокого уровня;
- нерационально используются территории в пригородных зонах крупных городов, застраиваются лесопарковые зоны, рекреационные ландшафты и сельскохозяйственные земли, нарушаются экологические требования к размещению промышленных и сельскохозяйственных предприятий, отстаёт строительство транспортных и инженерных коммуникаций.

Сегодня в России 1 % территории занимают города и посёлки городского типа, и в них проживает почти три четверти населения (73 %). На общем фоне урбанизации ведущая роль принадлежит самым большим городам – федеральным и региональным столицам. Резко возросла поляризация населения. В 115 сложившихся агломерациях сосредоточено более половины населения страны (в том числе до 70 % городского). На эти агломерации приходится до 90 % прироста городского населения России. Увеличивается миграционный отток населения из малых городов и сёл, из периферийных районов, удалённых от крупных центров. Этот процесс усугубляется значительным числом переселенцев из стран СНГ.

Отказ от избыточного территориального разрастания городов в пользу их активной реконструкции создаст предпосылки для роста городов и инженерных коммуникаций в них от экстенсивного к интенсивному.

Приоритеты комплексной реконструкции градостроительной деятельностью на муниципальном уровне:

- существующая застройка путём сноса и замены ветхих зданий современными,
- жилая застройка с домами первых массовых серий,
- кварталы и микрорайоны с крупнопанельными домами всех серий,
- уплотнение промышленной застройки,

- модернизация объектов инженерной и транспортной инфраструктуры, объектов социального назначения, восстановления природных компонентов городской среды.

В соответствии со Стратегией в жилищном строительстве намечена *ликвидация* тенденции к *старению и сокращению* жилищного фонда и инженерных систем, переход к интенсивному их *восстановлению и воспроизводству* на основе разработки и реализации эффективных социальных и научно-технических программ и проектов на федеральном, региональном и муниципальном уровнях. Решение перечисленных задач требует:

- увеличения объёмов многоэтажного строительства в крупных и крупнейших городах и плотности застройки в связи с быстрым ростом стоимости земельных участков на городской территории;

- развития малоэтажного строительства в двух перспективных направлениях – малоэтажной высокоплотной застройки и строительства развивающихся многоквартирных жилых домов;

- в городах, в основном, все дома будут повышенной комфортности. Для решения проблемы социального, в том числе бесплатного жилья будет использоваться существующий жилищный фонд с обязательной его реконструкцией – повышением уровня комфортности квартир, энергоэффективности жилых домов, экологической безопасности жилой застройки и развитием в ней сети объектов социальной сферы услуг.

В сфере жилищно-коммунального хозяйства планируется провести комплекс мер по повышению надёжности инженерных коммуникаций, для чего необходимо:

- разработать и поэтапно реализовать территориальные планы восстановления и капитального ремонта объектов коммунального назначения;

- обеспечить строительство автономных источников тепла (крышные, пристроенные и встроенные котельные) под объём нового строительства жилья с учётом теплоснабжения по кварталам жилой зоны;

- предусмотреть схемы опережающей инженерной и транспортной подготовки на площадях строительства, при проектировании новых жилых застроек; обратить внимание на необходимость проведения мероприятий по улучшению санитарно-гигиенических и эстетических качеств городского озеленения (создание парковых зон с фонтанами, центрами досуга с банями, бассейнами).

Для решения этих задач необходимо обеспечить:

- разработку рациональных унифицированных параметров зданий и сооружений, в том числе сборных модулей, новых планировочных и конструктивных схем;

- применение эффективных материалов, а также материалов на базе рационального использования техногенных отходов промышленного производства;

- использование для районов Крайнего Севера и сейсмических районов наукоёмких систем и методов предупреждения массовой деформации

застройки, новых технических решений для усиления оснований и фундаментов, упрочнения слабых зон грунта;

- освоение подземного пространства с применением новых технологий, эффективных материалов и конструкций повлияет на технические решения инженерных коммуникаций. Потребуется эффективные решения для обхода данного подземного пространства инженерными сетями, без снижения качества оказываемых населению услуг.

Главной причиной, стимулирующей рост объёмов реконструкции, является то, что многие крупные города исчерпали внутренние территориальные ресурсы и испытывают острый дефицит в площадях, пригодных для освоения под массовую застройку без осуществления сложных и дорогостоящих мероприятий по инженерной подготовке территорий.

Ограничения на использование территорий связано с особо охраняемыми природными территориями, в том числе водоохранными и прибрежными защитными полосами, санитарной охраной источников водоснабжения; территориями, подверженными воздействию чрезвычайных ситуаций природного, техногенного характера и экологического бедствия.

В целом, комплексная реконструкция, модернизация и благоустройство жилых районов направлены на переход от территориального роста городов к качественному преобразованию сложившейся застройки, требующей сбалансированного решения градостроительных и жилищно-коммунальных проблем.

Исходя из исторического времени возникновения выделяются следующие типы районов:

- сформировавшиеся в XV – XIX вв. в центральных частях ряда исторических городов (Смоленск, Ярославль, Владимир, Воронеж и др.). Эти районы занимают небольшие по площади территории, характеризуются квартальной застройкой высокой интенсивности, отсутствием крупных озеленённых открытых пространств;

- возникшие в XIX – начале XX вв. Характеризуются квартальной застройкой, но формируют более крупные жилые массивы, имеют в основном регулярную планировочную структуру и систему исторически сложившихся рекреационных пространств: городских садов, парков, скверов, бульваров;

- жилые районы квартальной застройки на окраинах городов, сложившиеся в период 1930 – 41 гг. В пределах кварталов нет членения на обособленные домовладения;

- послевоенной квартальной застройки (1946 – 1960-е гг.), сложившейся на основе типового проектирования и начального этапа послевоенной индустриализации;

- жилой 5 – 9-этажной застройки 1970-х годов с домами первых массовых серий;

- малоэтажная усадебная застройка, сформирована в XIX – начале XX в., середине XX века – в довоенный и послевоенный период, занимает значи-

тельные территории городов (от 40 до 60 %) и находится в частной собственности. В последнее десятилетие начали активно и, преимущественно, стихийно застраиваться, в том числе жилыми домами повышенной этажности, что требует особого подхода к вопросам их комплексной реконструкции, в том числе инженерных сетей водоснабжения, канализации и ливнестоков.

Критерием градостроительной оценки районов также является соотношение «дневного» и постоянного населения. В центральных районах города сосредоточено большое количество мест приложения труда, торговых и культурно-зрелищных учреждений. «Дневное» население преобладает над численностью постоянно проживающих граждан. Иное соотношение наблюдается в периферийных («спальных») районах. Формирование сточных вод в канализационных трубах зависит от мест сосредоточения людей, характера их деятельности, что также необходимо учитывать при реконструкции инженерных сетей. Режим подачи хозяйственно-бытовой водопроводной сети также зависит от места дислокации потребителей.

Немаловажное значение имеют ландшафтные условия той или иной городской территории: форма и уклон рельефа, глубина залегания грунтовых вод, наличие подземных выработок и т.д. Учёт этих условий позволяет определить максимально возможную плотность застройки, целесообразность использования подземных пространств, следовательно, влияет на конфигурацию, глубину залегания инженерных сетей и на потребность в повысительных станциях.

Комплексная реконструкция и модернизация территории жилой застройки городов имеет две принципиальные особенности:

1. Показатели использования территории или увеличения жилого фонда реконструируемой территории не изменяются, нет потребности в реконструкции сопровождающих коммуникаций;
2. Повышается эффективность использования территории города за счёт реконструкции и модернизации существующего жилого фонда надстройкой этажей, возведением жилых домов на свободной территории – появляется необходимость реконструкции инженерных коммуникаций.

1.1. Застройка российских городов и её влияние на формирование инженерных сетей

Различают четыре основных типа городов, выделенных по структурно-планировочным признакам и общей форме (рис. 1.1): круглый, полукруглый, сегментный, секторный (г. Рогачев, Москва), а также по системе планировки (рис. 1.2): порядковая (гг. Тамбов, Пенза, Белгород, Воронеж, Тула, Харьков, Тюмень, Тобольск, Вологда, Каргополь и многие др. средние и малые города), веерная (гг. Путивль, Муром, Великий Устюг) и ветвистая (гг. Углич, Суздаль, Нижний Новгород, Псков, Москва).

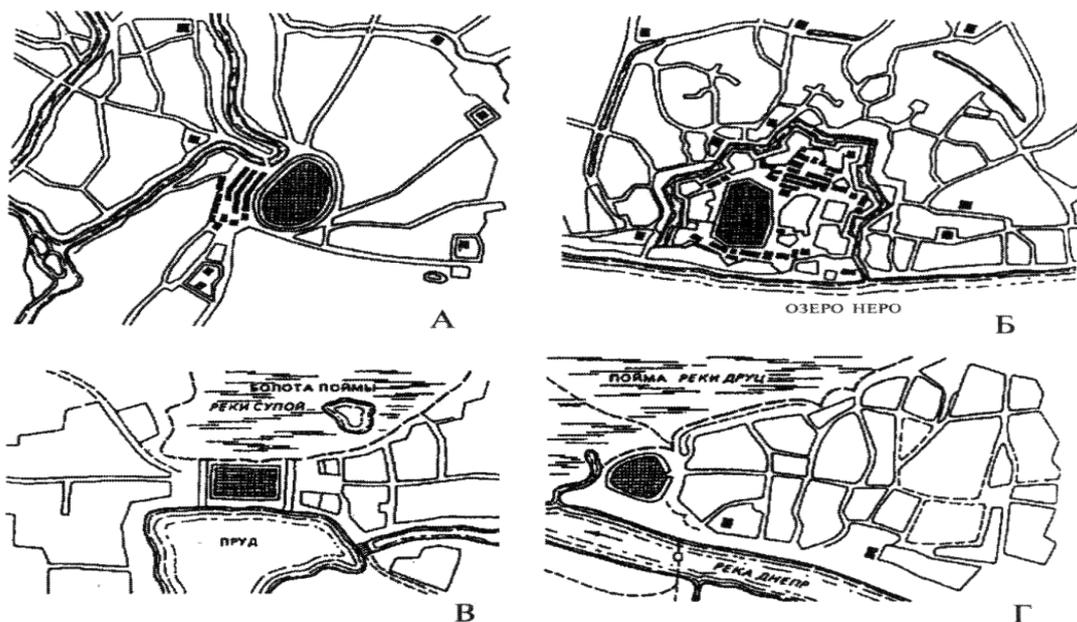


Рис. 1.1. Четыре основных типа городов, выделенных по структурно-планировочным признакам и общей форме [11]:

А – круглый (г. Дмитров); Б – полукруглый (г. Ростов Великий);
 В – сегментный (г. Яготин); Г - секторный (г. Рогачев)

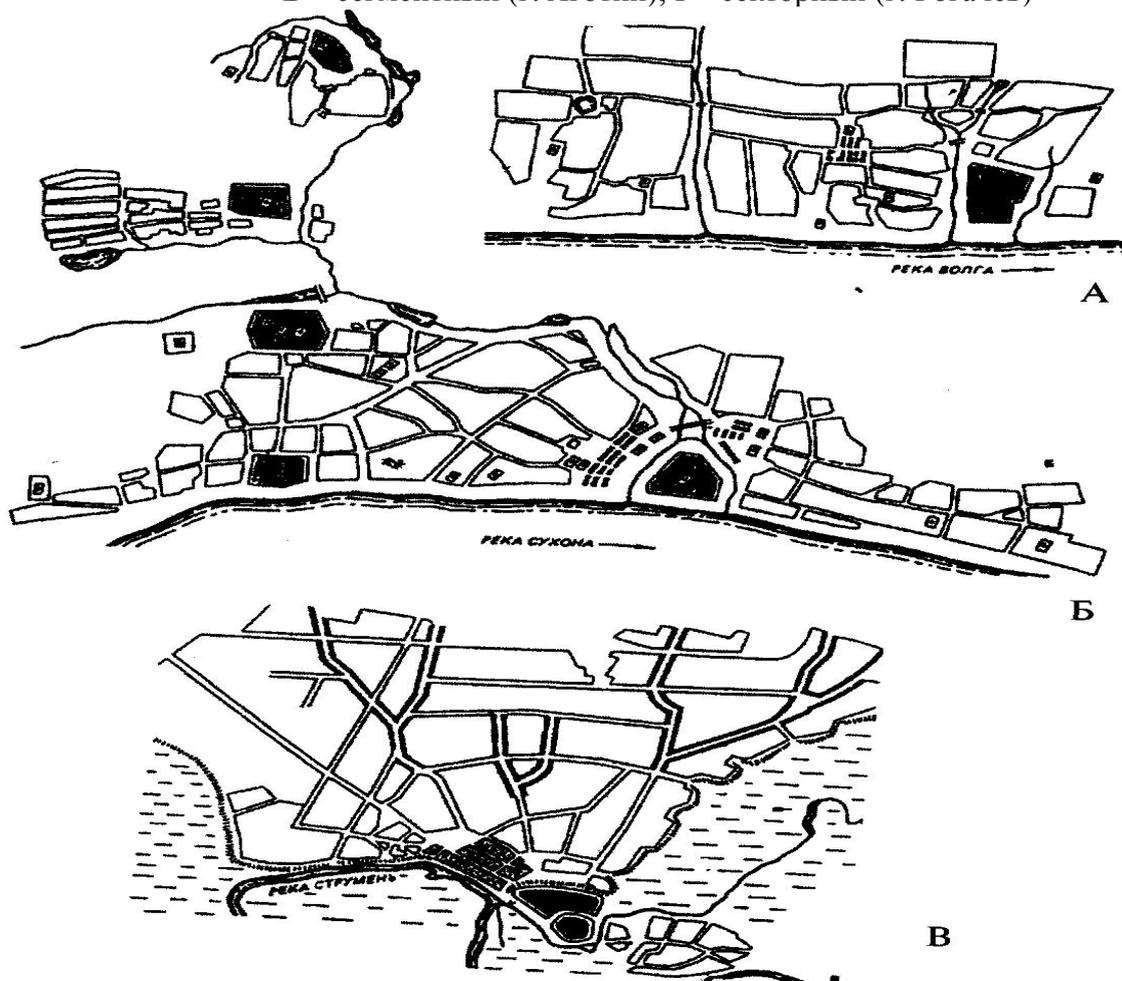


Рис. 1.2. Три системы планировки в русских городах [11]:

А - порядковая (г. Романов на Волге); Б – веерная (г. Великий Устюг); В – ветвистая (г. Туров)

В зависимости от конфигурации городов (по структурно-планировочным признакам, общей форме и системе планировки), рельефа местности формируются различные системы водоснабжения и водоотведения. Пример схем водоотведения приведён на рис. 1.3.

В первоначальный период строительства, когда сточных вод было мало и к их очистке не предъявлялось строгих требований, коллекторы бассейнов канализования трассировались по наикратчайшему направлению перпендикулярно водоёму, если этому не препятствовал рельеф местности. Такую схему канализационной сети называли *перпендикулярной* (рис. 1.3, а). В настоящее время эту схему применяют в местностях с хорошо выраженным уклоном к водоёму для отведения *атмосферных* и незагрязнённых производственных сточных вод.

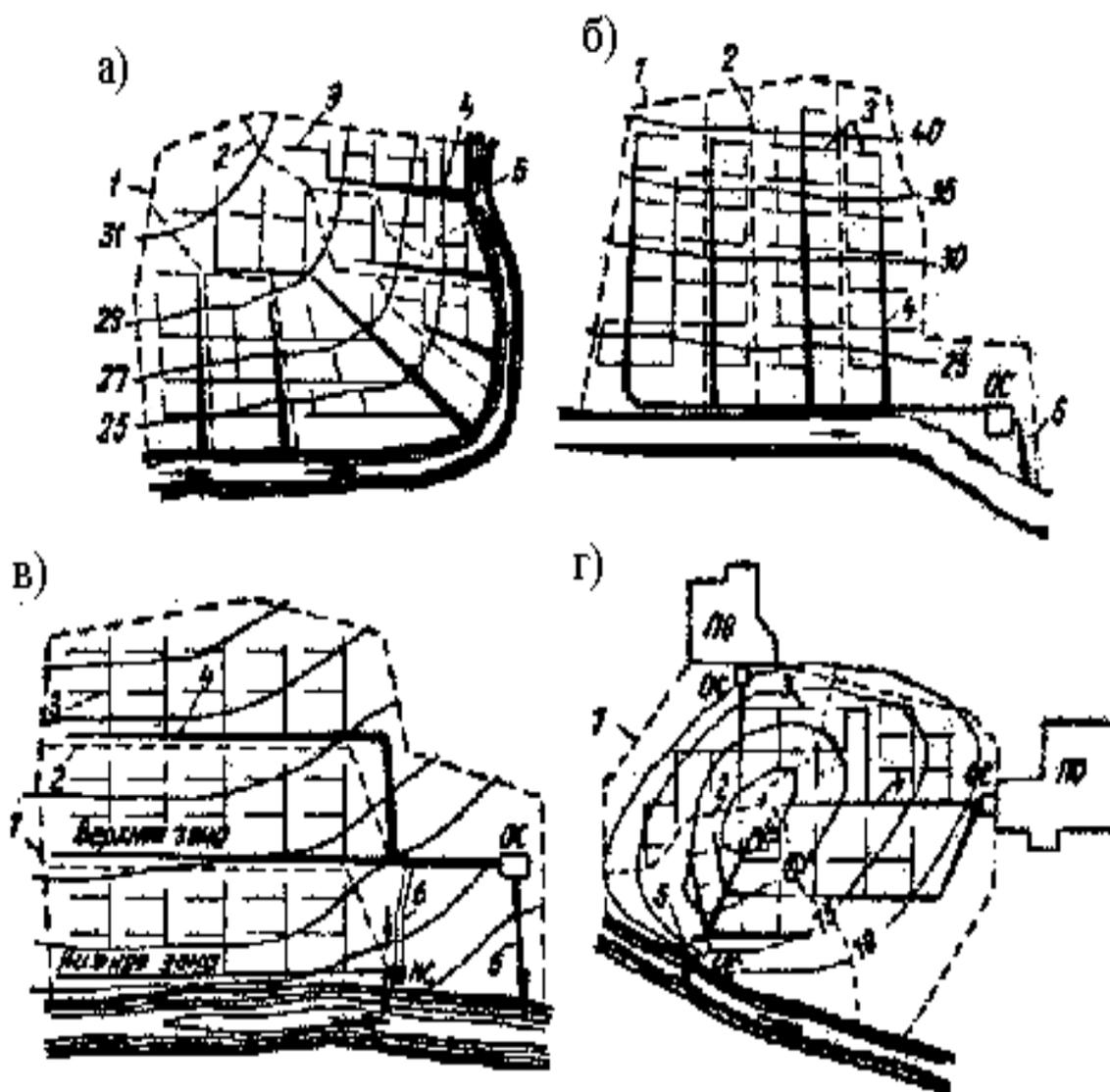


Рис. 1.3. Схемы водоотведения:

- а) перпендикулярная, б) пересечённая; в) поясная или зонная;
- г) радиальная или децентрализованная

1 – граница города; 2 – границы бассейнов канализования;
 3 – уличная сеть; 4 – коллекторы; 5 – выпуски; 6 – напорный водовод;
 ОС – очистные станции; НС – насосные станции; ПО – поля орошения

Если коллекторы отдельных бассейнов перпендикулярной схемы перехватываются главным коллектором, прокладываемым параллельно водоёму, то такую схему канализационной сети называют *пересечённой* (см. рис. 1.3, б).

Территорию, состоящую из нескольких отдельных террас со значительной разностью отметок, можно разбить на зоны (пояса), канализуемые самостоятельно. Такую схему канализационной сети называют *поясной* или *зонной* (см. рис. 1.3, в). Сточные воды верхней зоны могут самотёком поступать на очистные станции, и только сточные воды нижней зоны перекачиваются непосредственно на очистные станции или в коллектор верхней зоны, что уменьшает строительные и эксплуатационные расходы.

Радиальной или *децентрализованной* называют схему канализационной сети с несколькими очистными или насосными станциями (см. рис. 1.3, г).

Расположение линий **водопроводной сети** зависит от характера планировки снабжаемого водой объекта, размещения отдельных потребителей воды, расположения проездов, формы и размеров жилых кварталов, типа зелёных насаждений, промышленной зоны; от наличия естественных и искусственных препятствий для укладки труб (рек, каналов, оврагов, железнодорожных путей и т.п.); рельефа местности.

В практике водоснабжения используют два основных вида сетей: разветвлённые, или тупиковые (рис. 1.4, а) и кольцевые (рис. 1.4, б). Последние представляют собой систему смежных замкнутых контуров или колец. Разветвлённые сети часто используют в крупных районных водопроводах, снабжающих ряд объектов, отстоящих друг от друга на значительных расстояниях. В таких системах надёжность водоснабжения обеспечивается установкой местных резервуаров достаточной вместимости, что обычно экономичнее устройства кольцевой сети.

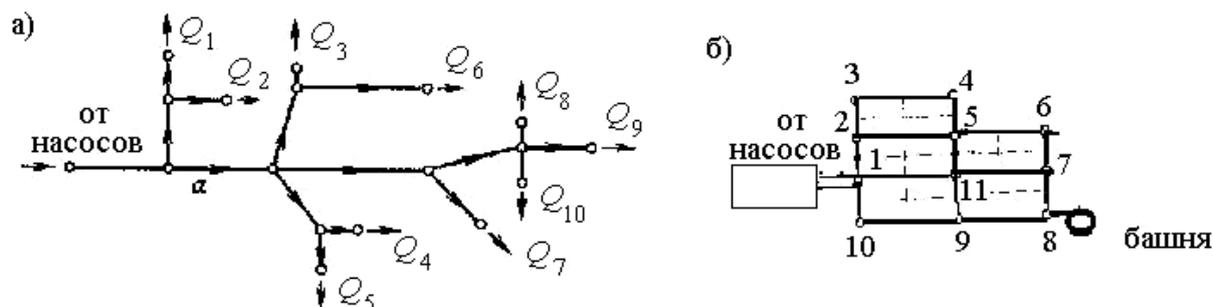


Рис. 1.4. Схемы водоснабжения:
а – разветвлённая или тупиковая сеть; б – кольцевая сеть

В городских водопроводах для подачи воды к домовым ответвлениям водопроводные линии приходится прокладывать почти по каждому проезду и по каждой улице, поэтому сеть в целом принимает форму смежных замкнутых контуров (колец), определяемую в основном планировкой города.

В конце XIX и начале XX веков инженерного оборудования в домах почти не имелось, водопроводная сеть заканчивалась водоразборными колонками, канализации не было.

Начиная с конца 20-х годов с развитием жилищного строительства сооружались «городки» и «посёлки», состоявшие, главным образом, из четырёхэтажных домов. Уделялось внимание улучшению санитарно-гигиенических качеств застройки и самих домов.

После Великой Отечественной войны (1945 г.) возникло понятие точного серийного строительства с применением повторных и типовых архитектурных и конструктивных решений. Дома строили вначале двух-, трёх- и четырёхэтажными, а позднее в пять, восемь и девять этажей. Квартиры этого времени были обеспечены всеми видами удобств, но были рассчитаны на возможность покомнатного заселения (коммуналки).

С началом массового индустриального строительства в 60-х годах создавались новые жилые массивы на свободных окраинных территориях. Дома обеспечивались централизованно водой, канализационными системами. Строились новые сети и магистрали. Создавались новые водозаборные сооружения. Менялись условия работы существующих сетей, требовалась согласованность работы насосных станций для сглаживания неравномерности поступления сточных вод на очистные станции из периферийных районов.

1.2. Планировочные и конструктивные особенности реконструируемых зданий и инженерных коммуникаций в них

При разработке проекта застройки и реконструкции населённого пункта следует определять размещение внутриквартальных инженерно-транспортных сетей. Планировка и конструктивные особенности зданий формировали устройство санитарно-технических узлов этих зданий. Так первые массовые застройки санитарно-технические узлы внутри зданий не предусматривали. Затем в XIX веке строились дома казарменного типа. В галерейных домах санитарные помещения выносили в пристройки. В коридорных домах, построенных в более позднее время, выделяли отдельные помещения для умывален и туалетов, приходившихся на 15 – 20 жилых помещений. Секционная планировка начала XX века оборудовалась только кухнями. При реконструкции старой застройки устраивали уборные, выгораживая их в кухне. Норма расхода воды на 1 жителя составляла в таких домах 95 л/сут. Ванные комнаты часто не устраивали, либо заменяли их душевыми. В середине 50-х годов 20 столетия при увеличении объёмов строительства, в особенности со времени индивидуального домостроения, в домах сохранились первоначальные инженерные коммуникации. Оборудованы эти дома холодным водоснабжением, ваннами, для горячего водоснабжения использованы газовые водонагреватели. Норма расхода воды на 1-го жителя увеличилась до 150 – 210 л/сут. Централизованное горячее во-

доснабжение и повышенные требования к благоустройству квартир домов многоэтажной застройки увеличили норму расхода воды на 1 жителя до 360 л/сут.

В зависимости от типа установленных санитарно-технических приборов формировались нормы водопотребления и водоотведения зданий, кварталов, районов города и целых городов. Поэтому при реконструкции кварталов с повышением этажности следует обращать внимание на сопровождающие их инженерные сети, проверять их пропускную способность и геодезические отметки подсоединения новых участков к существующим коммуникациям. Не допускать подтопления подвальных помещений как старой, так и новой застройки.

При реконструкции 5-этажной застройки, не подлежащей сносу, требуется капитальный ремонт и перед специалистами стоит комплекс задач:

- 1) повышение плотности застройки;
- 2) улучшение тепло- и звукоизоляции;
- 3) замена электропроводки;
- 4) замена труб, сантехники.

Плотность населения в кварталах будет влиять на расход потребляемой и отводимой воды, а следовательно, потребуется пересмотр дворовых, внутриквартальных и некоторых городских коммуникаций.

В зависимости от норм водопотребления и водоотведения создаются определённые условия в сетях [32; 23, С.328-333; 49], а также меняются требуемые параметры работы насосных и очистных станций (как водопроводных, так и канализационных).

Согласно СНиП 2.04.01-85 норма водопотребления включает в себя потребление населением холодной и горячей воды (прил. 3, с. 36) в следующих количествах (табл. 1).

Таблица 1

Нормы потребления воды в л/сут на 1 человека в зависимости от потребления горячей и холодной воды

Жилые дома квартирного типа с водопроводом, канализацией и централизованным горячим водоснабжением	Нормы потребления воды, л/(сут · чел)						
	195	230	250	275	300	360	400
Потребление холодной воды, л/(сут · чел)	110	130	145	165	180	245	260
Потребление горячей воды, л/(сут · чел)	85	100	105	110	120	115	130

После установки приборов учёта и при экономии воды населением может существенно измениться норма водоотведения. Учитывая неизменное нормативное количество абсолютно сухого вещества, приходящегося на одного человека в сутки, концентрация загрязнений сточных вод при различных нормах водоотведения меняется (табл. 2).

Загрязнения сточной воды при различных нормах водоотведения

Показатель загрязнений воды	Нормы потребления воды, л/(сут·чел)					
	100	125	170	200	300	400
Концентрация взвешенных веществ, мг/л	650	520	382,4	325	216,7	162,5

Параметры загрязнений воды влияют на работу водоотводящих сетей и сооружений очистных станций. Чем больше экономия воды, тем выше концентрация загрязнений сточных вод и меньше скорости течения стоков по трубопроводам. Водоотводящая сеть работает как песколовка, осаждая тяжёлые взвеси на дне трубы и изменяя её гидравлические характеристики. Такой результат создаёт впечатление сокращения концентраций загрязнения сточных вод до момента засорения труб.

Глава 2

Актуальность проблемы реконструкции инженерных систем водоснабжения и водоотведения

Существующие инженерные системы водоснабжения и водоотведения (ВВ) находятся в стадии эксплуатации от 50 до 80 лет и более. Длительный срок эксплуатации показал, что надёжность работы систем ВВ не достаточно высокая, а качество питьевой воды в ряде случаев не отвечает требованиям ГОСТ и СанПиН. На основании эксплуатационных данных были выявлены **основные причины низкой надёжности инженерных систем ВВ:**

- 1) проекты существующих систем выполнены по старым нормативным документам, которые со временем пересматриваются в сторону ужесточения требований;
- 2) в эксплуатации находятся сооружения, проектирование и строительство которых выполнены по *старым типовым проектам*, сохранившим все недостатки, с низким гидравлическим совершенством конструктивных элементов. За это время многие элементы системы поменяли свою характеристику;
- 3) на очистных станциях сточных вод используются *недостаточно эффективные процессы биологической и биохимической очистки*;
- 4) *высокий износ сетей и сооружений*, многие из которых эксплуатируются без выполнения каких-либо капитальных ремонтов в течение многолетней работы;
- 5) *низкое качество строительства* систем ВВ, т.к. возведением их занимаются общестроительные организации, а не специализированные;
- 6) *отсутствие пуско-наладочных работ* из-за ликвидации пуско-наладочных организаций;

- 7) сравнительно низкий уровень эксплуатации систем ВВ, т.к. практически *отсутствуют* специальные учебные заведения, которые готовили бы *профессиональные кадры рабочих*;
- 8) неадекватность принятой в расчёты модели реальным условиям системы. При проектировании систем ВВ в основу гидравлических расчётов были положены аналитические зависимости (формулы), которые *справедливы* только для условия *равномерного и установившегося движения*. Фактически в реальных условиях режим движения воды как в напорных, так и в безнапорных трубопроводах имеет неустановившийся режим движения жидкости. Поэтому принятые в основу расчёта формулы не достаточно объективно отражают влияющие на систему факторы;
- 9) отсутствие законодательной базы, которая позволила бы обеспечить высокую степень надёжности работы сооружений с учётом экономического фактора. Необходимо совершенствовать законодательную систему, которая могла бы *предусматривать механизм ликвидации всех недостатков, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией* систем ВВ. Необходимо чтобы в законе были отражены условия применения новых технологий, материалов и оборудования, с целью повышения надёжности, эффективности и энергосбережения системы.

Для повышения производительности и эффективности работы существующих сетей и сооружений ВВ целесообразно осуществить их реконструкцию с использованием наиболее прогрессивных материалов, технологических приёмов, а также новых технологий и новых конструктивных элементов.

Процесс реконструкции существующих инженерных систем ВВ должен отвечать следующим требованиям:

- малым затратам времени;
- минимальным затратам материалов и других средств,
- минимальная себестоимость работ;
- обеспечению более высокого качества работы сооружений и всех систем;
- повышению гидравлических характеристик системы;
- соответствию системы ВВ современным требованиям, не противоречащим правовым основам Российской Федерации [21, 22, 24].

Глава 3

Правовые основы реконструкции систем водоснабжения и водоотведения

3.1. Правовые основы водных объектов России

В настоящее время основным законом в области охраны окружающей среды является Конституция Российской Федерации. Конституция принята на Референдуме (всенародное голосование) 12 декабря 1993 г.

В Конституции РФ сфера взаимодействия общества и природы подразделяется на 3 группы отношений: природопользование, охрана окружающей среды, обеспечение экологической безопасности.

Другим документом является [20] Закон РФ «Об охране окружающей природной среды», утверждённый 19 декабря 1991 г. Его основное назначение - правовое регулирование природоохранных отношений в области охраны, оздоровления и улучшения природной среды, предупреждения и устранения вредных последствий хозяйственной и иной деятельности. Законом определены общие экологические требования к размещению, проектированию, строительству, **реконструкции**, вводу в эксплуатацию и эксплуатации сооружений.

Очень важным является закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения РСФСР» от 19 апреля 1991 г. Этот Закон устанавливает права граждан на благоприятную среду обитания, окружающую природную среду, условия труда, проживания, отдыха, питания, а также своевременное возмещение ущерба в полном объёме от вреда, причинённого здоровью граждан вследствие невыполнения санитарных норм и правил. В нём даны нормативы использования природных ресурсов, имеющих федеральное значение и утверждаемых Министерством природных ресурсов и экологии. В данном законе определены нормативные объёмы сбросов в окружающую среду, предельного использования (изъятия) природных ресурсов, размещения отходов для предприятий – природопользователей.

Одним из самых важных приказов является приказ Минприроды «Об экологической паспортизации на территории РФ» от 16 марта 1993 г. за № 53.

Экологический паспорт объекта или предприятия – это нормативно-технический документ нового типа, включающий все данные о потребляемых и используемых ресурсах всех видов (природных – первичных, переработанных – вторичных и др.), а также определяющий все прямые влияния и воздействия на окружающую среду.

Экологический паспорт разрабатывается за счёт собственных средств предприятия, подлежит согласованию с санитарно-эпидемиологическим надзором (СЭН) и территориальными органами охраны природы; утверждается первым руководителем предприятия, а затем регистрируется в

территориальном органе охраны природы. Руководитель, утверждающий экологический паспорт, несёт персональную ответственность.

В части охраны окружающей среды Минприроды осуществляет контроль за воздействием недропользования на состояние поверхностных вод, а также за состояние водной среды и дна внутренних водоёмов. Государственный экологический контроль осуществляется при геологическом изучении недр; при добыче природных ископаемых; *при строительстве и эксплуатации подземных сооружений*.

В настоящее время важнейшим законом, регулирующим взаимоотношения всех органов власти с водопотребителями, является Водный Кодекс РФ [1], который вступил в силу 16 ноября 1995 г. Он определяет использование и охрану водных ресурсов и гарантирует: научно обоснованные нормы водопотребления для коммунальных и промышленных целей; воспроизводство, охрану от загрязнения и истощения и улучшение качества водных ресурсов. В нём устанавливаются права собственности на водные объекты, полномочия государственных органов исполнительной власти по использованию и охране водных объектов, виды и особенности использования водных объектов для питьевых, хозяйственно-бытовых и лечебных целей и других нужд. Водный Кодекс вводит общие правила регулирования предоставления услуг водоснабжения и канализации и общие условия для субъектов водной системы.

Федеральным органом, уполномоченным разрабатывать схемы комплексного использования водных ресурсов, является *Министерство природных ресурсов и экологии* (на основании постановления № 1097 от 13.09.1996 г. «О порядке разработки, согласования, государственной экспертизы, утверждение и реализация схем комплексного использования и охраны водных ресурсов»). Схемы должны реализовываться в рамках государственных программ и использоваться для установления лимитов водопотребления, водоотведения и экологических допусков. Порядок разработки, утверждения нормативов предельно-допустимых вредных воздействий на водные объекты выполняется на основании постановления № 1504 от 19.12.1996 г. От этих решений будут зависеть планы реконструкции населённых пунктов.

Водные объекты предоставляются в особое пользование для обеспечения государственных и муниципальных нужд согласно постановлению № 383 от 3.04.1997 г. «Об утверждении Правил предоставления в пользование водных объектов, находящихся в государственной собственности, установления и пересмотра лимитов водопользования, выдачи лицензии на водопользование и распорядительной лицензии». Предоставление услуг по водоснабжению и канализации для юридических лиц регулируется Правилами использования систем водоснабжения и водоотведения в РФ, одобренными постановлением Правительства № 167 от 12 февраля 1999 г.

Формирование системы законодательства в области охраны окружающей природной среды не завершено, и по ряду позиций эта система нуждается в совершенствовании.

3.2. Основы правового регулирования

Реконструкция и капитальный ремонт объектов капитального строительства, к которым относятся очистные, насосные станции, водопроводные и канализационные сети, осуществляется в следующем порядке [12]:

- производится проектирование;
- для подготовки проектной документации выполняются инженерные изыскания;
- производится государственная экспертиза проектной документации;
- получается разрешение на строительство (при расширении объектов с выходом за пределы существующей территории);
- проводятся непосредственно реконструкция и капитальный ремонт объектов капитального строительства;
- получается разрешение на ввод объекта капитального строительства в эксплуатацию.

При реконструкции объекта обязательно проводится контроль выполнения работ. В установленных Градостроительным кодексом случаях осуществляется градостроительный надзор.

Развитие инженерной инфраструктуры городских округов и поселений предусматривается в генеральном плане [21].

3.2.1. Генеральный план поселения или городского округа

Генеральные планы включают карты (схемы) планируемого размещения объектов капитального строительства местного значения, в том числе:

- 1) объектов электро-, тепло-, газо- и **водоснабжения** населения в границах поселения городского округа;
- 2) автомобильных дорог общего пользования, мостов и иных **транспортных инженерных сооружений** в границах населённых пунктов, входящих в состав поселения;
- 3) иных объектов, размещение которых необходимо для осуществления полномочий органов местного самоуправления городского округа (поселения).

Генеральные планы содержат положения о планировании развития территорий, в том числе для установления функциональных зон, зон планируемого размещения объектов капитального строительства для государственных или муниципальных нужд, зон с особыми условиями использования территорий, а также соответствующие карты (схемы).

На картах (схемах), содержащихся в генеральных планах, отображаются:

- 1) границы поселения;
- 2) существующие и планируемые границы населенных пунктов, входящих в состав поселения;
- 3) границы земель сельскохозяйственного назначения, границы земель для обеспечения космической деятельности, границы земель обороны и безопасности, границы земель иного специального назначения, границы земель лесного и водного фондов, границы земель особо охраняемых природных территорий федерального и регионального значения;
- 4) существующие и планируемые границы земель промышленности, энергетики, транспорта, связи;
- 5) границы функциональных зон с указанием параметров планируемого их развития;
- 6) границы территорий объектов культурного наследия;
- 7) границы зон с особыми условиями использования территорий;
- 8) границы земельных участков, которые представлены для размещения объектов капитального строительства федерального, регионального или местного значения;
- 9) границы территорий, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и воздействия их последствий;
- 10) границ зон инженерной и транспортной инфраструктур.

Информацию для определения технических условий подключения объектов к сетям инженерно-технического обеспечения и размера платы за такое подключение предоставляют организации, осуществляющие эксплуатацию сетей инженерно-технического обеспечения, без взимания платы в течение 14 дней по запросам органов местного самоуправления (ч. 7 ст. 48 Градостроительного кодекса):

- о технических условиях, предусматривающих максимальную нагрузку;
- о сроках подключения объектов капитального строительства к сетям инженерно-технического обеспечения;
- о сроках действия технических условий;
- о плате за подключение.

Проект генерального плана подлежит обязательному согласованию с органами местного самоуправления муниципального района.

Уполномоченный федеральный орган исполнительной власти в случаях, установленных Правительством Российской Федерации, направляет представленный на согласование проект генерального плана на государственную экспертизу. Расходы, связанные с проведением государственной экспертизы проекта документа территориального планирования, несут ли-

ца, по инициативе которых проект документа территориального планирования направлен на государственную экспертизу.

Плата не взимается в случае, установленном Правительством Российской Федерации, когда на государственную экспертизу направляется проект генерального плана поселения (городского округа).

Государственная экспертиза проектов документов территориального планирования проводится Федеральным агентством по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству в порядке, установленном Министерством регионального развития РФ. Срок проведения экспертизы проектов документов территориального планирования не должен превышать 6 месяцев. Результатом экспертизы является заключение о соответствии (положительное заключение) или несоответствии (отрицательное заключение) этого проекта требованиям технических регламентов и требованиям рациональной организации территории.

В целях доведения до населения информации о содержании проекта генерального плана поселения (городского округа) уполномоченный на проведение публичных слушаний орган местного самоуправления обязан организовать выставки, экспозиции демонстрационных материалов проекта генерального плана, выступления представителей органов местного самоуправления, разработчиков плана на собраниях жителей, в печатных средствах массовой информации, по радио и телевидению. Участники слушаний вправе представить свои предложения и изменения, касающиеся проекта генерального плана поселения для включения их в протокол публичных слушаний. Заключение о результатах слушаний подлежит публикации и размещается на официальном сайте поселения (городского округа) в сети Интернет.

Срок проведения публичных слушаний с момента оповещения жителей о времени их проведения и дня публикации заключения о результатах слушаний определяется уставом муниципального образования и нормативными правовыми актами представительного органа муниципального образования и не может быть менее 1-го месяца и более 3-х месяцев. Глава муниципального образования с учётом заключения о результатах публичных слушаний принимает решение о согласии с проектом генплана и направлении его в представительный орган муниципального образования или об отклонении проекта и направлении его на доработку. Представительный орган местного самоуправления поселения с учётом протоколов публичных слушаний по проекту генерального плана и заключения о их результатах принимает решение об утверждении генерального плана поселения или об отклонении проекта генерального плана и направлении его главе местной администрации на доработку.

Генеральный план поселения в течение трех дней со дня его утверждения направляется в высший исполнительный орган государственной власти субъекта РФ, в границах которого находится поселение, и главе муниципального района.

Правообладатели земельных участков и объектов капитального строительства, если их права и законные интересы нарушаются или могут быть нарушены в результате утверждения генерального плана, вправе оспорить генеральный план поселения в судебном порядке. Органы государственной власти РФ, субъектов РФ, местного самоуправления, заинтересованные физические и юридические лица вправе обращаться к главе местной администрации с предложениями о внесении изменений в генеральный план поселения.

3.2.2. Инженерные изыскания при подготовке проектной документации

Инженерные изыскания – это изучение природных условий и факторов техногенного воздействия в целях рационального и безопасного использования территорий и земельных участков в их пределах, подготовки данных по обоснованию материалов, необходимых для территориального планирования, планировки территории и архитектурно-строительного проектирования. Лицо, выполняющее инженерные изыскания, обязано иметь соответствующую лицензию.

В ходе инженерных изысканий предполагается получение следующих сведений:

- ◆ о природных условиях территории, на которой будет осуществляться строительство;
- ◆ о факторах техногенного воздействия на окружающую среду;
- ◆ о прогнозе изменения природных условий при осуществлении строительства.

Решение о необходимости выполнения отдельных видов инженерных изысканий, их составе, объёме и методе выполнения зависит от следующих факторов:

- вида и назначения объектов капитального строительства;
- конструктивных особенностей объектов капитального строительства;
- технической сложности и потенциальной опасности предстоящего строительства;
- сложности топографических, инженерно-геологических, экологических, гидрологических, метеорологических и климатических условий территории, на которой будет осуществляться строительство;
- степени изученности указанных выше условий.

На основании принятого Градостроительного кодекса [2] Правительство РФ должно установить:

- виды инженерных изысканий и порядок их выполнения;
- состав и форму материалов инженерных изысканий;
- порядок формирования и ведения государственного фонда материалов и данных инженерных изысканий с учётом потребностей информационных систем обеспечения градостроительной деятельности.

3.2.3. Подготовка проектной документации и получение технических условий

Технические условия на проектирование следует получать, если функционирование проектируемого объекта капитального строительства невозможно обеспечить без подключения к сетям инженерно-технического обеспечения.

Организация, осуществляющая эксплуатацию сетей инженерно-технического обеспечения (в том числе водоснабжения и водоотведения), в течение 14 дней бесплатно по запросу правообладателей земельных участков или органов местного самоуправления обязаны представить сведения:

- ❖ о технических условиях, предусматривающих максимальную нагрузку;
- ❖ о сроках подключения к сетям инженерно-технического обеспечения;
- ❖ о сроках действия технических условий (устанавливается не менее чем на 2 года. Иные сроки действия ТУ определяются законодательством РФ.);
- ❖ о размерах платы за подключение.

Правообладатель земельного участка в течение года с момента получения технических условий и информации о плате за подключение должен определить необходимую ему подключаемую нагрузку к сетям инженерно-технического обеспечения в пределах предоставленных ему технических условий.

Подготовка проектной документации осуществляется на основании задания заказчика, результатов инженерных изысканий и технических условий.

Состав проектной документации:

- 1) пояснительная записка с исходными данными, результатами инженерных изысканий, техническим условием;
- 2) схема планировочной организации земельного участка;
- 3) конструктивные и объёмно-планировочные решения;
- 4) сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения;
- 5) перечень мероприятий по охране окружающей среды;
- 6) проектно-сметная документация.

Проектная документация утверждается заказчиком.

С 1 января 2007 г. проектная документация проходит государственную экспертизу в федеральных органах. Предметом государственной экспертизы проектной документации является оценка соответствия её требованиям технических регламентов, в том числе санитарно-эпидемиологическим, экологическим требованиям, безопасности и результатам инженерных изысканий.

3.2.4. Реконструкция объектов капитального строительства, государственный надзор за проведение работ и ввод объекта в эксплуатацию

Процесс реконструкции объектов капитального строительства можно условно разбить на несколько этапов: получение разрешения на строительство (в случае расширения объекта при реконструкции с выходом на старые границы); собственно реконструкция со строительным контролем и государственным строительным надзором и ввод объекта в эксплуатацию.

Строительный контроль проводится в процессе реконструкции всех объектов капитального строительства в целях проверки соответствия выполняемых работ проектной документации, требованиям технических регламентов, результатам инженерных изысканий, требованиям градостроительного плана земельного участка. Строительный контроль проводится заказчиком. Кроме того, в проектную документацию по инициативе заказчика может быть заложен авторский надзор проектной организации.

Все выявленные в ходе проведения контроля замечания о недостатках выполнения работ при реконструкции объекта капитального строительства должны быть оформлены в письменной форме. Об устранении недостатков составляется акт, который подписывается лицом, предъявившим замечания о них, и лицом, осуществляющим реконструкцию.

Государственный строительный надзор осуществляется на объектах, проектная документация которых подлежит государственной экспертизе. Цель её – проверка соответствия выполняемых в процессе строительства работ требованиям технических регламентов и проектной документации.

Должностные лица, осуществляющие государственный строительный надзор, имеют право беспрепятственного доступа на все объекты реконструкции, подпадающие под действие государственного строительного надзора. По результатам проверок составляются акты, являющиеся основанием для выдачи подрядчику, заказчику предписания об устранении выявленных нарушений. В предписании указывается вид нарушения и делается ссылка на нормативный правовой акт, технический регламент, проектную документацию, требования которых нарушены, а также устанавливается срок устранения выявленных нарушений. Приостановление реконструкции объекта на срок устранения неполадок осуществляется в порядке, установленном законодательством РФ. С 1 января 2007 г. государственный надзор осуществляет только Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору и соответствующие органы субъектов РФ.

Порядок осуществления государственного надзора и критерии отнесения объектов к особо опасным, технически сложным или уникальным объектам устанавливаются Правительством РФ.

По окончании реконструкции заказчик должен передать безвозмездно в орган, выдавший разрешение на ведение работ, одного экземпляра копий материалов инженерных изысканий, проектной документации, акты при-

ёмки скрытых работ, акт приёмки объекта в эксплуатацию, акты устранения недоделок.

Разрешение на ввод объекта в эксплуатацию является основанием для внесения изменений в документы государственного учёта реконструированного объекта капитального строительства.

В разрешении на ввод объекта в эксплуатацию должны содержаться сведения об объекте капитального строительства, необходимые для внесения изменений в документы государственного учёта реконструированного объекта капитального строительства.

Форма разрешения на ввод объекта в эксплуатацию устанавливается Правительством РФ.

Глава 4

Реконструкция водозаборных сооружений

Тип водозаборных сооружений формирует состав работ, которые необходимо выполнить при их реконструкции.

4.1. Реконструкция водозаборов из поверхностных источников

Источниками поверхностного забора воды могут служить реки, водохранилища, озёра и моря. Вид источника определяет тип водозаборного сооружения. Водозаборное сооружение представляет собой комплекс сооружений, предназначенных для забора воды из источника, предварительной её очистки, транспортирования воды к месту назначения. В состав сооружений входят водоприёмники, насосные станции, элементы для очистки и рыбозащиты. Конструктивная схема водозабора принимается в зависимости от категории обеспеченности подачи воды и гидрологической характеристики водоисточника, а также требований по регулированию, охране вод, использованию источника для целей водного транспорта.

По месту расположения водоприёмники бывают береговые и русловые. По способу приёма воды они делятся на поверхностные, глубинные, донные, фильтрующие, инфильтрационные и комбинированные. По компоновке основных элементов различают совмещённые и отдельные. По конструктивным особенностям – трубчатые, ряжевые, бетонные, железобетонные, затопляемые и незатопляемые, с водоподводящим каналом или ковшом. В случае устройства плотин для регулирования стока или улучшения условий забора воды используют приплотинные (плотинные) водозаборные сооружения. Водозаборные сооружения следует располагать выше населённых пунктов по течению реки, мест сброса отработавших вод, стоянок судов, торгово-транспортных баз и складов с соблюдением зон санитарной охраны.

При реконструкции водозаборных сооружений *поверхностных источников* следует помнить, что *источник водоснабжения* должен удовлетворять следующим *требованиям*:

- обеспечивать отбор воды необходимого количества с учётом роста водопотребления на перспективу;
- обеспечивать бесперебойное снабжение водой потребителей;
- иметь воду такого качества, которое в наибольшей степени отвечает нуждам потребителей или позволяет достичь его путём экономически оправданной очистки;
- обладать объёмами, позволяющими производить забор воды из него без нарушения сложившейся экологической системы;
- обеспечить возможность подачи воды потребителю с наименьшей затратой средств.

Выбор источника водоснабжения *по нескольким вариантам* должен производиться на основании тщательного изучения и анализа перспективного использования водных ресурсов района, в котором он расположен [24].

При оценке использования водных ресурсов с учётом перечисленных выше требований следует **учитывать** следующее:

- расходный режим, водохозяйственный баланс и устойчивость ложа, поймы или берегов с прогнозом на 15 – 20 лет;
- требования к качеству воды, предъявляемые потребителями;
- качественную характеристику воды в источнике с прогнозом возможного её изменения с учётом поступления сточных вод;
- качественные и количественные характеристики мутности, водной растительности, планктона, биообрастателей и сора, их режимы и перемещение донных отложений;
- наличие вечномёрзлых грунтов, возможность промерзания и пересыхания источника, наличие снежных лавин и селевых явлений, а также других стихийных явлений в водосборном бассейне источника;
- осенне-зимний режим и шуголедовые явления в источнике;
- температуру воды по периодам года и её стратификацию (по слоям);
- характерные особенности весеннего вскрытия источника, половодья и прохождения паводков;
- требования органов по регулированию использования и охране вод, санитарного надзора, охраны рыбных запасов и др.;
- возможность организации зон санитарной охраны при необходимости забора воды на хозяйственно-питьевые нужды;
- технико-экономическую оценку условий комплексного использования вод различных источников рассматриваемого района.

В случае недостаточности водных ресурсов следует предусматривать регулирование естественного стока воды.

Необходимо предусматривать способы предотвращения механического, биологического и минералогического загрязнения воды, отбираемой водоприёмниками, при последующем её транспортировании по каналам и водоводам. Для этого следует расчищать русло, углублять перекаты, уст-

раивать дополнительные водоприёмные окна, менять насосно-энергетическое оборудование. Дополнительный оголовок может быть вынесен дальше в русло реки или наоборот, приближен к берегу.

Для реконструкции водозаборов из поверхностных источников, при всех типах *приёмных* устройств, целесообразно предусматривать их надёжную *защиту от попадания мальков рыб*. С этой целью можно предусмотреть искусственные фильтрующие дамбы. В качестве материала дамбы можно использовать гранитный щебень или морскую гальку. Однако наблюдается тенденция отказа от фильтрующих водоприёмных поверхностей и переход к устройствам, в которых реализуется поведенческий принцип рыбозащиты.

Гидроакустические приборы с высокой частотой ультразвука позволят отпугивать мальков рыб, что предотвратит их попадание в водозаборное сооружение. Основной причиной попадания молоди рыб в водозаборные сооружения является отсутствие условий для ориентации их в потоке воды и невозможность сопротивляться течению в непосредственной близости от водоприёмных отверстий. Исследованиями установлено [23], что молодь рыб стремится избегать зон активных гидродинамических возмущений. Струи действуют на рыб как раздражители, которых она избегает. В настоящее время разработано и запатентовано большое количество рыбозащитных устройств, использующих в качестве рабочего органа гидравлические, воздушные или водовоздушные струи, создающие гидродинамические завесы. Эффективная работа устройства – выживаемость молоди до 98 %, достигается при установке сопел под углом 30 – 45° и давлении рабочей среды в струеобразователях $P_{ст}=1,5 - 2,0$ атм.; скорости транзитного потока не менее 0,2 м/с.

При шуголедовых явлениях, особенно в районах Крайнего Севера, целесообразно предусматривать искусственный подогрев воды: электроподогрев решёток, подвод к водоприёмникам тёплой воды или сжатого воздуха, импульсную промывку в сочетании с обратной, покрытие стержней соросудерживающих решёток гидрофобным материалом и т.п.

4.2. Реконструкция водозаборов из подземных источников

Подземные воды, залегающие на различных глубинах и в различных водосодержащих породах, широко используются для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. В нашей стране свыше 60 % небольших городов и посёлков с водопотреблением до 10 тыс. м³/сут снабжаются водой из подземных источников.

Сооружения для забора подземных вод *подразделяются* на водозаборные (буровые) скважины; шахтные колодцы; горизонтальные, лучевые и комбинированные водозаборы и каптажи источников (родников) [22].

Выбор типа водозаборного сооружения является важным аспектом реконструкции и *зависит от* следующих **факторов**:

- ✓ условий и глубины залегания водоносного пласта;
- ✓ мощности, обильности воды и геологического строения водоносного горизонта (коэффициент фильтрации, радиус влияния);
- ✓ гидравлической характеристики подземного потока (гидростатический напор, скорость и направление движения);
- ✓ количества водоносных пластов, качества воды в каждом из них и наличия гидравлической связи между ними;
- ✓ условий гидравлического питания пластов, удаленности их от поверхностных источников, необходимости в искусственном пополнении запасов подземных вод, санитарного состояния территории;
- ✓ величины потребного расхода забираемых подземных вод;
- ✓ технико-экономических показателей и условий эксплуатации водозаборных сооружений.

Водозаборные скважины (буровые колодцы) являются наиболее распространенным типом водозаборов подземных вод и применяются в различных гидрогеологических условиях. Глубина скважины зависит от глубины залегания и мощности водоносного пласта или системы водоносных пластов, намечаемых к эксплуатации, и может изменяться в широких пределах от 5...10 до 1000 м и более.

Шахтные колодцы, как и скважины, относятся к вертикальным водозаборам и применяются в основном для забора подземных вод, содержащихся в первых от поверхности безнапорных водоносных пластах мощностью не менее 1...2 м, сложенных рыхлыми породами (песками, галечниками). Глубина шахтных колодцев находится в пределах от 8...10 до 30...40 м. В напорных водоносных пластах шахтные колодцы применяются в том случае, если из-за слабой водопроницаемости пласта или по техническим причинам устройство скважин нецелесообразно или невозможно.

Горизонтальные водозаборы в виде дрен или галерей применяются для забора воды из безнапорных водоносных пластов мощностью не более 2...3 м, залегающих на глубине до 8 м, преимущественно вблизи поверхностных водотоков или водоемов, питающих эти пласты.

Комбинированные водозаборы состоят из горизонтальных (дрен или галерей) и вертикальных (скважин) водозаборов и применяются при хорошем качестве вод как безнапорных, так и глубоких напорных водоносных пластов.

Лучевые водозаборы являются разновидностью шахтных колодцев большого диаметра, принимающих воду из водоносных пластов при помощи горизонтальных скважин, расходящихся от колодцев радиально в виде лучей. Лучевые водозаборы применяются при глубине залегания кровли водоносных пластов до 15...20 м и мощности их не более 20 м, особенно при использовании подрусловых вод.

Каптаж источников (родников) применяются для сбора естественно выходящих на поверхность земли безнапорных (нисходящих) или напорных (восходящих) вод. Их устраивают на склонах овражных балок и речных долин в виде водосборных камер для капотирования нисходящих родников или неглубоких (до 2...3 м) опускных колодцев для сбора восходящих родников, образующихся вследствие выхода напорных вод по трещинам в кровле водоносного пласта.

Водозаборы подземных вод располагают чаще всего в долинах рек, поближе к объекту водоснабжения и на площадках, не затопливаемых паводками и имеющих благоприятные санитарные условия.

4.2.1. Основные задачи реконструкции водозаборных узлов со скважинами

Любую реконструкцию, а тем более водозаборных узлов со скважинами, следует начинать с учёта! Автоматизированный учёт параметров включения насосных агрегатов скважин, последовательность ввода в работу на основе грамотного технического задания, даже на действующих водозаборных узлах, позволяет достичь эффективной работы оборудования, экономии электроэнергии и надёжности.

При проектировании реконструируемых водозаборных узлов из буровых скважин решаются следующие вопросы [22]:

- выбор места расположения новых водозаборных скважин, их количества (рабочих и резервных) и расстояний между ними на местности;
- разработка мероприятий по повышению производительности действующих скважин;
- выбор оптимальной схемы подключения новых скважин к действующей системе;
- выбор типа и расчет фильтра, устанавливаемого в скважинах; подбор насосов для постоянной эксплуатации и производства откачек;
- расчет скважин с учётом их взаимного влияния и совместной работы всех сооружений;
- прогнозирование изменения подачи воды из скважин в процессе эксплуатации.

При расширении существующего водозаборного узла новые скважины обычно сооружают в районе действующих. Водозаборная площадка должна быть, с одной стороны, достаточно удалена и хорошо защищена от мест возможных загрязнений, а с другой – находиться поближе к водопотребителям. Её следует располагать на устойчивых (не оползневых) и незатопливаемых участках. Она должна занимать, по возможности меньшую площадь, и в то же время иметь перспективу на расширение. Правильно выбрать водоносный пласт можно только на основании гидрогеологических изысканий с учётом характеристик уже эксплуатируемых водоносных пластов, а также технико-экономических расчетов. При выборе водоносно-

го пласта следует учитывать его удельный дебит (водообильность) и качество воды, характеристику водосодержащей породы (диаметр частиц, водопроводимость и др.), гидростатический напор, глубину бурения скважины. Наилучшим пластом будет тот, который содержит воду хорошего качества, обладает высоким гидростатическим напором и дебитом и расположен в трещиноватых крупнообломочных породах, где могут применяться фильтры простейшей конструкции, обеспечивающие надёжность и долговечность работы скважины. При наличии нескольких вариантов вопрос решается путём технико-экономического сравнения.

При расширении водозабора в первую очередь рассматривают возможность и целесообразность забора воды из уже эксплуатируемых водоносных пластов. В случае ограниченного запаса подземных вод в этих пластах переходят на более глубокое бурение скважин для эксплуатации водоносных пластов, разведанных гидрогеологическими изысканиями.

Существующие типы водозаборных сооружений не всегда работают эффективно. Особенно низкая надёжность работы водозаборных сооружений при заборе воды из подрусовых водозаборов, расположенных в климатических условиях с низкими наружными температурами воздуха, а также водозаборы из подземных источников не всегда обеспечивают подачу воды расчётной производительности.

Главной причиной низкой надёжности работы сооружений являются недостаточно обоснованные теоретические данные, которые не учитывают конкретные условия (например, водосбор в регулирующем водохранилище не учитывает вероятность выпадения атмосферных осадков, которые в значительной степени зависят от общего климата планеты).

4.2.2. Повышение производительности действующих водозаборных скважин

В процессе эксплуатации удельный дебит водозаборных скважин, каптирующих железосодержащие подземные воды гидрокарбонатно-кальциевого типа, постепенно уменьшается, уровень воды понижается. Это происходит вследствие кальматации фильтров и прифильтровых зон скважин осадками, в состав которых могут входить CaCO_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$, FeCO_3 и др. В большинстве случаев осадки являются многокомпонентными с преобладающим содержанием железа (до 90 % общей массы осадка), но могут содержать также кальций, магний, марганец и кремнекислоту. Глубина закальматированных зон зависит от конструкции фильтра и условий его работы, а также от химического состава и режима движения подземных вод, и может колебаться от 5 до 2 м.

Для восстановления производительности скважин осуществляют их регенерацию. Регенерация скважин может быть выполнена одним из следующих *способов*:

- 1) реагентным;

- 2) импульсным (электрическим, детонаторным, вибрационным или газодинамическим);
- 3) импульсно-реагентным.

Основной задачей работ при восстановлении производительности скважин, оборудованных фильтрами, является удаление кальматирующих отложений с фильтра и из прифильтровой зоны. При этом главная трудность заключается в удалении кальматанта с наружной поверхности фильтра и гравийной обсыпки (водоносных пород).

При *реагентной обработке* решение этой задачи достигается растворением кальматирующих отложений при подаче реагента в призабойную зону скважины, и задачей технологических исследований является подбор вида реагента, его количества, обоснования рациональной технологии обработки в зависимости от гидрогеологических условий и конструкции скважины и надёжного метода контроля хода обработки и критерия оценки её окончания.

При *импульсном воздействии* ударной волной на кальматант и создании высокоскоростных гидродинамических потоков создаётся искусственная трещиноватость в цементированных отложениях. Арсенал технических средств, способных создать гидроимпульсное воздействие на фильтровую часть скважины, широк. К ним относятся: взрыв торпеды тротилового детонирующего шнура, взрыв газовой смеси, пневмоимпульс, высоковольтный электрический разряд и др. Источником создания упругих гидродинамических воздействий может быть вибрация и ультразвук. Успех этих работ обеспечивается обоснованным выбором периода между восстановлением технологических параметров скважин.

При различных способах создания гидроудара, его физическое воздействие на фильтр оказывается практически одинаковым.

Применение электрогидравлического способа регенерации позволяет создать в фильтровой части скважины ударную волну, которая ударяется от канала разряда со скоростью, превышающей скорость звука. По мере удаления от разрядника основные параметры ударной волны (давление, скорость и др.) уменьшаются. Продукты кальматации разрушаются и диспергируются под действием ударной волны и гидродинамического потока. Импульсное воздействие ударной волны в скважине может значительно возрасти за счёт её отражения от жестких участков внутренней поверхности фильтра. В результате дифракции и взаимодействия отражённых ударных волн происходит более эффективное разрушение обрастания фильтрующей поверхности и прифильтровой зоны.

В последнее время предложен ряд импульсных методов, где в качестве энергоносителя применяются газообразные взрывчатые вещества. Перспективным является газодинамическая установка на основе водорода. Использование в качестве энергоносителя водорода, получаемого вместе с окислителем непосредственно в зоне фильтра за счёт электролиза воды, позволяет обеспечивать многократное применение установки без её подь-

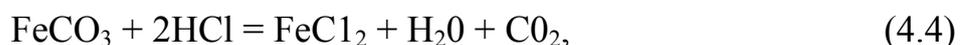
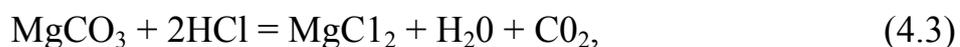
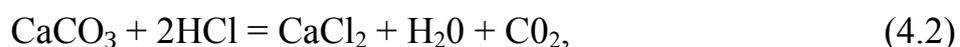
ёма для перезарядки. Сжигание смеси приводит к получению начальных продуктов реакции в их прежнем объёме, что, помимо гидроимпульсного, создаёт вторичный согласованный эффект.

Использование импульсных методов регенерации обеспечивает достаточно полное механическое разрушение кальматирующих осадков и их частичный вынос. Неудалённые частицы разрушенных образований являются катализатором процесса кольматажа (в частности, за счёт способности гидроокислов железа адсорбировать различные элементы). Поэтому процесс «старения» водозаборных скважин, обработанных гидроимпульсными способами, протекает значительно интенсивнее, чем у новых водозаборных сооружений или восстановленных реагентным методом.

Структура и характер отложений сцементированных пород в зоне установки фильтров подтверждают, что все механические и гидромеханические способы очистки фильтров через ствол не могут удалить осадки на его внешней поверхности и в зоне прилегающих пород. Применение взрывного способа также малоэффективно, поскольку при взрыве растрескиваются зацементированные зоны, образуются микротрещины без нарушения связи химических осадков с частицами горных пород.

Наиболее эффективно в таких случаях воздействие *химических реагентов* на закальматированные фильтры и прифильтровые зоны и, в частности, *соляной, уксусной, сульфаминовой кислот*, а также *полифосфатов* или их смесей с различными добавками. Эффективный и надёжный реагент выбирают после анализа состава осадков, отлагающихся на водопроводных трубах, погружных насосах и внутренней поверхности обсадных труб. Наиболее распространенным реагентом является соляная кислота - *HCl*, в которую для придания ей антикоррозионных свойств часто вводят ингибиторы (ПБ-5, соль мышьяка и др.). Для обработки скважин, оборудованных фильтрами, устойчивыми к *HCl*, соляная кислота может применяться без ингибиторов. Оптимальная концентрация соляной кислоты для растворения железистых осадков находится в пределах 20...25 %. Для повышения эффективности обработки скважины в раствор концентрированной соляной кислоты рекомендуется вводить добавки полифосфатов $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ в количестве 1...1,5 % [22]. Высокая эффективность обработки скважин соляной кислотой связана с хорошей растворимостью хлоридов в воде, образующихся в результате взаимодействия кислоты с веществами кальматанта.

Под воздействием *HCl* соли переходят в растворимое состояние по следующим уравнениям:





Образующиеся в результате указанных реакций растворенные продукты и газы удаляются из скважины при последующей откачке.

При обработке скважины необходимо учитывать объем воды, находящийся в ее стволе, разбавление в котором уменьшает концентрацию исходного раствора. Следовательно, объем, м^3 , заливаемого в скважину раствора соляной кислоты с концентрацией $C_{исх}$, для разбавления до оптимальной концентрации $C_{онт}$, определяется по формуле

$$W_p = \frac{C_{онт} W_в}{C_{исх} - C_{онт}}, \quad (4.7)$$

где $W_в$ – объём воды в стволе скважины, м^3 .

Количество реагента, требующегося для обработки скважин, определяется на основании её конструктивных характеристик и данных лабораторных исследований кинетики растворения кальматанта в реагенте.

Общее количество заливаемой в скважину кислоты зависит от количества железа G , т, которое необходимо удалить из скважины:

$$W_{общ} = 5,1G. \quad (4.8)$$

По другим источникам, масса реагента может быть найдена по зависимости

$$M_p = 1,2 * K_c * M_k, \quad (4.9)$$

где M_p и M_k – массы реагента и кальматанта соответственно, кг;

K_c – коэффициент удельного расхода реагента, требуемого для растворения 1 кг кальматанта. Определяется на основании данных лаборатории. Для соляной кислоты разной концентрации эти коэффициенты можно принять по табл. 3.

Таблица 3

Концентрация HCl , %	K_c
5	20,5
10	10,2
20	5,1
27	3,1

Масса кальматанта зависит (см. ф. (4.11)) от его плотности (ρ_k), объема пор гравийной обсыпки обрабатываемой части прифилтровой зоны ($W_{пор}$, м^3) и коэффициента насыщенности пор кальматантом (K_n), который, в свою очередь, зависит от соотношения коэффициентов фильтрации гравийной обсыпки в момент сдачи скважины в эксплуатацию (K_0) и к моменту обследования (K_1):

$$K_n = 1 - \left(\frac{K_1}{K_0} \right)^{1/3}; \quad (4.10)$$

$$M_k = K_n * W_{\text{пор}} * \rho_k \quad (4.11)$$

При отсутствии данных, расход 25%-й соляной кислоты для декальматации 1 м.п. фильтра можно принимать по табл. 4.

Таблица 4

Расход 25%-й соляной кислоты для обработки скважин в зависимости от диаметра

Внутренний диаметр, мм	Расход HCl , л, для скважин	
	периодически подвергаемых реагентной обработке	находящихся много времени в эксплуатации без декальматации
100	30	100
150	45	125
200	60	150
250	80	180
300	100	200
350	150	250

Обрабатывать скважины соляной кислотой необходимо при соблюдении правил техники безопасности, так как несоблюдение их может привести к тяжелому отравлению. Отравление может наступать не только вследствие вдыхания паров соляной кислоты, но и под действием других газов, в частности сероводорода, который может выделяться из воды при растворении сульфидных соединений в процессе обработки скважин соляной кислотой. Соляная кислота является ядовитой жидкостью. Попадание концентрированной кислоты на кожу вызывает ожоги, а вдыхание ее паров - удушье и отравление. Все соединительные узлы монтажной схемы должны быть герметичными, не допускающими утечек. Трубу для выпуска воздуха и газов из скважины необходимо выводить в подветренную сторону.

Весьма эффективным методом солянокислой обработки скважины является циклическое *задавливание кислоты за контур фильтра и при-фильтровой зоны с использованием сжатого воздуха*.

Для регенерации скважины данным методом необходимо следующее оборудование:

- компрессор подачей 3...6 м³/мин,
- подвижная ёмкость для доставки раствора кислоты к скважине,
- заливочные трубы,
- оголовок для герметичного закрытия устья скважины,
- соединительные гофрированные резиновые шланги,
- манометр и др.

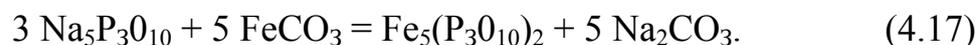
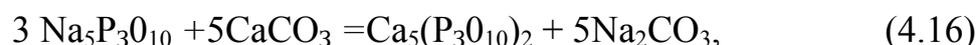
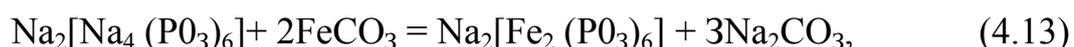
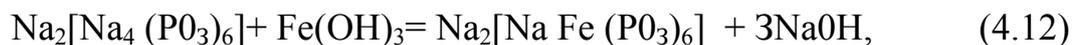
После монтажа оборудования собранную систему испытывают на герметичность под давлением не менее 0,1 МПа, затем в скважину заливают раствор самотеком из ёмкости или закачивают кислотоупорным центробежным насосом.

В каждый цикл обработки входят следующие операции [22]:

- заливка необходимого количества раствора кислоты;
- закачка воздуха для поднятия уровня воды до расчётной отметки с целью вытеснения раствора кислоты в прифилтровую зону, для чего закрывают вентиль на трубе подачи раствора кислоты и открывают на трубе подачи воздуха от компрессора;
- выдержка под давлением в течение 3...5 мин для растворения железа;
- удаление продуктов реакции из скважины и восстановление уровня воды, для чего открывают вентиль на сбросной трубе и выдерживают в течение 5...10 мин. После этого цикл повторяется. Количество циклов при обработке обычно составляет 8...10, а время обработки – не более 2 ч.

После реагентной обработки заливочные трубы используются в качестве водоподъёмных при эрлифтной прокачке скважины для удаления из ствола и прифилтровой зоны шлама, растворённых кальматирующих соединений и остатков непрореагировавшей кислоты.

Полифосфатная обработка. Растворяющее воздействие соляной кислоты на осадки часто сопровождается выделением газов H_2S и CO_2 , которые требуют строгих правил по технике безопасности. Гравий может растворяться под действием кислот, что будет приводить к его просадке и вызывать пескование скважины. Большие неудобства связаны также с транспортными перевозками и хранением соляной кислоты. Для регенерации скважин применяются соли фосфорной кислоты двух видов: гексаметафосфат натрия $Na_2[Na_4(PO_3)_6]$ и триполифосфат натрия $Na_5P_3O_{10}$. Воздействие этих солей на железистые и карбонатные соединения представлены следующими уравнениями:



Для восстановления дебита скважин полифосфаты могут быть более успешно использованы в двух вариантах:

- в качестве монореагента;
- в качестве добавки к соляной кислоте для стабилизации, предупреждающей выпадения железа в осадок при кислотных обработках.

При содержании 7 % триполифосфата в водном растворе растворяется до 32 % железистого кальматанта и максимальная концентрация триполифосфата натрия находится в пределах 8 - 12 %. Триполифосфат натрия представляет собой порошок белого цвета, хорошо растворимый в воде и

кислотах. Раствор триполифосфата может приготавливаться как на поверхности, так и непосредственно в скважине.

В скважинах хозяйственно-питьевого назначения в конце откачки отбирают пробы на химический и бактериологический анализы воды. Подключение скважин в водопроводную сеть после регенерации разрешается только после заключения органов санитарного надзора о соответствии качества воды нормам. Эффективность регенерации скважины оценивают путем сравнения её удельных дебитов до и после обработки.

4.2.3. Выбор оптимального режима совместной работы насосов и сборных водоводов подземного водозабора

Вопрос о выборе оптимального режима работы насосов совместно с водоводами возникает в двух случаях: непосредственно на водозаборах подземных источников водоснабжения и в городских водопроводах.

Водозаборы из подземных источников, которые запроектированы для подачи воды из каждой скважины в единый сборный напорный водовод, требуют более детального подхода к построению совместной характеристики работы насосов и сборного водовода.

Ответвления могут быть различной длины в зависимости от количества скважин на них. При разной длине ответвлений потери напора на трение и на местные сопротивления могут быть разные, но по условию обеспечения подачи воды от наиболее удаленной скважины до станции водоподготовки или обеззараживания в скважинах предусматривают однотипные насосы. Необходимо сравнить подачи воды и напоры каждой скважины при совместной их работе.

Подача воды от каждой скважины в единый сборный напорный водовод по традиционной методике ведёт к завышению расхода электроэнергии и снижению суммарной подачи воды. Для повышения производительности водозаборов из подземных источников целесообразно предусмотреть реконструкцию существующих водозаборов. Для этого необходимо режим работы сборного водовода принять безнапорным с оптимальной величиной наполнения.

При реконструкции существующих напорных водоводов необходимо в местах *соединения двух потоков с разными избыточными давлениями* разместить *гидроэлеваторы*. В качестве *рабочей жидкости* будет использоваться вода той скважины, которая имеет *большее давление*. Более удалённая скважина за счёт инъекции обеспечит подачу расчётного расхода воды по величине, соответствующей суммарному избыточному давлению.

Глава 5

Водоводы и водопроводные сети населённых пунктов

Водоводы и водопроводные сети предназначены для транспортирования воды к потребителям.

Водоводы могут прокладываться в одну, две и более нитки с устройством ёмкостей и переключений между ними, наличие которых обуславливается уровнем обеспечения водой потребителей. По способу транспортирования воды водоводы могут делиться на напорные и безнапорные. В населённых пунктах обычно встречаются напорные трубопроводы с насосными станциями.

Магистральные сети охватывают всю территорию населённого пункта. Их направление соответствует направлению основных потоков воды. Вода от магистральной сети к домовым ответвлениям и пожарным гидрантам подаётся по распределительной сети, прокладываемой почти по каждой улице и проезду. С реконструкцией населённого пункта к существующим участкам сети добавляются как новые участки, так и кольца – в кольцевой сети.

5.1. Выбор оптимального графика работы и подбор насосов, питающих водопроводную сеть

Анализ натуральных исследований фактических рабочих характеристик *городских водопроводов* насосов и водопроводящей системы позволяет установить причины перебоев в работе системы подачи и распределения воды, выражающихся в снижении подачи воды насосами в сеть. Как показывает опыт натуральных исследований городских водопроводов, основными причинами таких перебоев являются:

- 1) искусственное уменьшение подачи насосами во избежание перегрева электродвигателей вследствие изменения энергетических характеристик насосов в сторону увеличения потребляемой мощности и наличия у электродвигателей ограниченной мощности;
- 2) увеличение гидравлического сопротивления водопроводящей системы в результате образования в трубах коррозионных отложений,
- 3) изменение напорной характеристики насосов в сторону уменьшения напоров, что приводит к снижению подачи воды насосами;
- 4) искусственное гашение напора в системе прикрытием задвижек на водоводах с целью уменьшения напоров в системе, а следовательно, снижения вероятности возможных разрывов водопроводных линий.

Наличие таких явлений приводит к уменьшению подачи воды потребителям и перерасходу электроэнергии, затрачиваемой на водоподъём.

Для обеспечения растущих потребностей всех водопотребителей в требуемом количестве воды под необходимым напором изучают работу всех сооружений системы подачи и распределения воды, выясняют возможность

или целесообразность использования установленных насосов и выбирают оптимальный режим их работы. При этом может быть одно или несколько *возможных решений*: использование эксплуатируемых насосов с установкой более мощных электродвигателей; обточка рабочего колеса насоса; параллельная работа нескольких насосов, замена насосного оборудования; снижение гидравлических сопротивлений водопроводящей системы.

Для реконструкции систем подачи и распределения воды большое значение имеет правильное решение вопросов удовлетворения потребителей расчётными расходами и напорами при максимальном использовании существующих насосных агрегатов, сетей и оборудования. В процессе подбора насосов, питающих водопроводную сеть, для обеспечения расчётного водопотребления на перспективу необходимо в первую очередь рассмотреть возможность использования существующих насосов в параллельной работе с дополнительно устанавливаемыми.

Чтобы подобрать насосы, питающие водопроводную сеть, необходимо знать график работы насосов (рис. 5.1), расчётные расходы воды, отметки уровней воды в подземных резервуарах и напорно-регулирующих сооружениях, расчётные пьезометрические отметки во всех точках водопроводной сети.

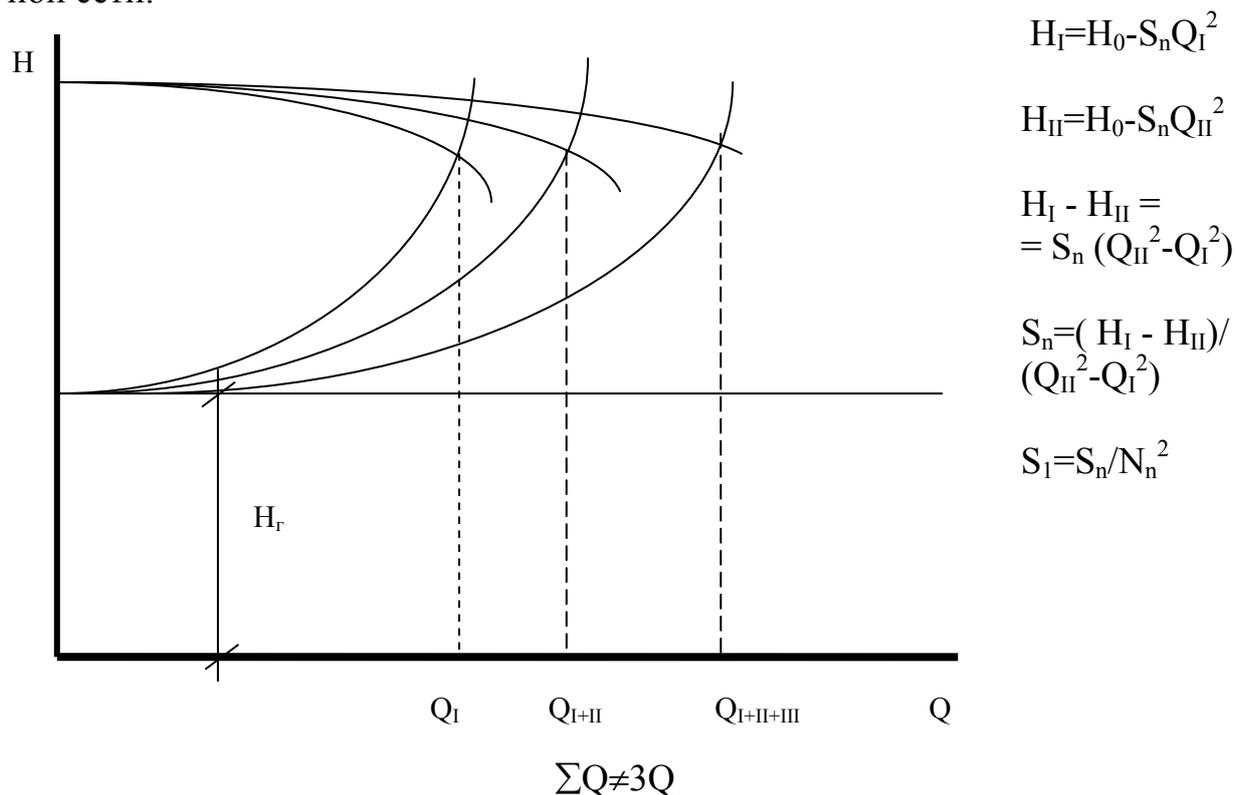


Рис. 5.1. Совместная характеристика работы насосов и сборного водовода

График работы насосов, питающих водопроводную сеть, зависит от режима водопотребления, расчётного расхода воды, потребляемой из сети, схемы питания сети, количества насосных станций, питающих сеть, и распределения нагрузки между ними, типа и количества напорно-регулирующих сооружений, длины водоводов от насосной станции до во-

допроводной сети, количества и характеристики существующего насосного оборудования.

Правильно выбрать график работы насосов можно только на основании технико-экономических расчётов. Оптимальным считается такой вариант, при котором будут наименьшими приведенные затраты по всему комплексу взаимосвязанных сооружений рассчитываемой системы подачи и распределения воды (ПиРВ), поскольку от принятого графика работы насосов зависят размеры, а следовательно, и стоимость остальных сооружений комплекса (трубопроводов, резервуаров, напорно-регулирующих сооружений). Чем больше расходы воды, потребляемой из водопроводной сети, которая обслуживается данной насосной станцией, тем ближе должен быть режим подачи воды насосами к режиму водопотребления.

При расчёте реконструируемых систем ПиРВ требуется решить следующее:

- оптимально распределить нагрузки между насосными станциями, питающими водопроводную сеть;
- правильно подобрать насосы и составить экономичный график их работы при различных режимах водопотребления;
- рассчитать совместную работу насосов и водопроводной сети для проверки обеспечения выбранными насосами при намеченном режиме работы всех водопотребителей с требуемым расходом воды под необходимым напором в час расчетного водопотребления;
- определить требуемую высоту расположения и регулирующий объем бака водонапорной башни или других напорно-регулирующих сооружений.

Для насосных станций, питающих водопроводные сети с водонапорной башней, на небольших объектах водоснабжения принимается одноступенчатый график работы насосов в течение суток. Для средних по производительности водопроводов – одно- или двухступенчатый график в зависимости от неравномерности водопотребления, а для крупных водопроводов - двух- или трехступенчатый график с максимальным приближением его к графику водопотребления.

5.2. Анализ совместной работы насосов, водопроводной сети и резервуаров

Вследствие колебания уровней воды в резервуарах и водопотребления из сети подача насосов изменяется в очень широких пределах в течение расчетного срока их работы. Поэтому гидравлические и технико-экономические расчёты водоводов и водопроводных сетей, а также определение регулирующего объема резервуаров необходимо производить с учётом совместной работы всего комплекса гидравлически взаимодействующих сооружений. Поскольку неучёт этих явлений приводит к существенным погрешностям: завышаются требуемая высота и регулирующий объем бака водонапорной башни, неправильно подбираются насосы и вы-

бирается режим их работы, не всегда наивыгоднейшими принимаются диаметры труб.

Работу водопроводных систем необходимо анализировать для суток расчётного водопотребления согласно нормативам. В процессе расчётов для суток максимального водопотребления определяют диаметры трубопроводов, подбирают насосы, а также вычисляют высоту и вместимость водонапорной башни. Для суток среднего и минимального водопотребления выбирают оптимальный режим работы насосов и проверяют максимальные напоры в сети.

Выбор оптимального распределения нагрузки между несколькими насосными станциями, питающими водопроводную сеть, зависит от следующих факторов:

- типа водоисточников, их мощности, надежности водообеспечения и размещения на местности;
- типа водопотребителей, расположения их на плане и требований в отношении расходов воды и напоров;
- рельефа местности;
- отметок уровней воды в резервуарах, питающих насосные станции;
- наличия естественных и искусственных препятствий для подачи воды от водопитателей;
- наличия, технического состояния и пропускной способности существующих водопроводных сооружений.

Как для новых, так и реконструируемых систем водоснабжения задача оптимального распределения нагрузки между водопитателями сводится к нахождению наивыгоднейшего решения, при котором будет достигнут минимум приведенных затрат, все потребители будут обеспечены необходимыми расходами воды и напорами, подача воды от насосной станции не будет превышать предельной мощности соответствующих водоисточников.

5.2.1. Напорно-регулирующие сооружения.

Классификация и область применения сооружений

В системах водоснабжения применяются различные ёмкости, в которых хранятся запасы воды, предназначенные для регулирования соответствия между подачей воды и её расходом, а также для использования их во время особых (тушение пожаров и др.) и аварийных ситуаций.

Такие ёмкости классифицируются следующим образом:

по назначению – на регулирующие, запасные и комбинированные;

по способу подачи воды – на напорные, обеспечивающие необходимый напор у потребителей при самотечном движении воды, и безнапорные, из которых вода перекачивается насосами;

по конструкции – на водонапорные башни, напорные резервуары, водонапорные колонны, пневматические водонапорные установки, подземные резервуары и открытые водоемы;

по материалу – на железобетонные, кирпичные, стальные и земляные.

Тип, конструкцию и количество ёмкостей выбирают в каждом конкретном случае в зависимости от их назначения и местных условий.

Водонапорная башня используется для хранения регулирующих и противопожарных запасов воды, а также для обеспечения в сети необходимых напоров. Регулирующий объём башни предназначен для создания запасов воды в часы, когда подача насосной станции больше водопотребления, и для расходования её в часы, когда водопотребление превышает подачу.

В коммунальных водопроводах водонапорные башни применяются в основном для относительно небольших объектов водоснабжения. Ввиду больших размеров, а следовательно, и стоимости водонапорные башни в средних и особенно в крупных городах нашей страны, как правило, не применяются. Чаще используются безбашенные водопроводные системы со ступенчатым графиком работы питающих насосов. Следует, однако, отметить, что при наличии водонапорных башен обеспечивается более равномерная работа насосов в области с высоким КПД, снижается расход электроэнергии, затрачиваемой на водоподъем, и повышается надёжность водообеспечения потребителей при аварии.

Существенным недостатком значительной части систем водоснабжения городов России является **отсутствие напорных регулирующих ёмкостей или неэффективное их использование** [50].

При отсутствии напорных регулирующих ёмкостей ночное снижение водопотребления приводит к значительному увеличению свободного напора во внутренних системах водоснабжения, что сопровождается значительным возрастанием утечек и бесполезным расходом воды.

Установлено, что при оптимальном распределении суточной подачи воды по периодам часовой неравномерности водопотребления давление на выходе станции в ночные часы должно не повышаться, а снижаться. Целесообразно предусматривать дросселирование срабатывания баков башни с тем, чтобы в периоды двухстороннего питания сети, при водопотреблении ниже максимального, свободные напоры в сети (в точках схода потоков от насосной станции и от башни) не превышали требуемых и не приводили к избыточному повышению давления на выходе насосных станций. При проектировании реконструкции систем водоподдачи следует рассматривать такие варианты расположения баков, при которых свободные напоры в сети обеспечиваются ими лишь в периоды транзита воды в башню. В период же двухстороннего питания для их обеспечения используются насосы, подкачивающие воду из башни в сеть. Затраты энергии на подачу с избытком компенсируются снижением затрат электроэнергии на головной станции в результате уменьшения давления.

Весьма часто водонапорные башни устраивают для водоснабжения промышленных предприятий. В этом случае запас воды в башне создаётся

для регулирования неравномерности подачи воды и потребления, а также для обеспечения бесперебойности водоснабжения предприятия на случай аварийного прекращения подачи воды насосами.

Неприкосновенный противопожарный запас воды, создаваемый в баке башни, предназначен для питания внутренних пожарных кранов первые 10 мин тушения пожара.

При благоприятных местных условиях, когда имеется возможность размещения ёмкости, содержащей запас воды, на естественной высоте (в гористой местности) вместо дорогих водонапорных башен применяются более дешёвые напорные резервуары большой вместимости. Такие сооружения построены в Ужгороде, Ивано-Франковске и др. городах.

Водонапорная колонна представляет собой высокий металлический резервуар, установленный непосредственно на фундаменте и заполненный водой. Она предназначена для хранения регулирующих и аварийных запасов воды и обеспечения необходимого напора в сети при нормальном хозяйственном заборе. В случае аварийного отключения насосов водонапорная колонна обеспечивает подачу воды в сеть под меньшим напором. Водонапорные колонны весьма часто применяются для водоснабжения металлургических заводов.

Пневматическая водонапорная установка представляет собой закрытый водонапорный котёл, находящийся под давлением воды и воздуха. Она предназначена для хранения небольших запасов воды и создания напоров так же, как и водонапорная башня. В автоматическом режиме установка работает вместе с питающим её центробежным насосом. Пневматические водонапорные установки применяются для водоснабжения небольших объектов и повышения напоров в отдельных высотных зданиях или в группе зданий жилого района.

Подземные резервуары обычно устраивают при водоочистных станциях как резервуары чистой воды и одновременно для питания насосов 2-го подъёма. Они могут устраиваться при насосных станциях 3-го подъёма, при повысительных или противопожарных. В них хранятся регулирующий, противопожарный, технологический (при водоочистных станциях) и аварийный запасы воды.

5.2.2. Выбор места расположения водонапорной башни

Наличие, количество и местоположение на сети водонапорных башен или напорных резервуаров определяет схему питания водопроводной сети, а следовательно, режим совместной работы гидравлически взаимодействующих сооружений для подачи и распределения воды. Эти сооружения являются, с одной стороны, нефиксированными водопотребителями в точках их примыкания к сети при напорах, превышающих отметки уровней воды в них, когда вода поступает из сети в эти ёмкости. А с другой – до-

полнительными водопитателями сети в часы, когда водопотребление из неё превышает подачу насосных станций и напоры падают ниже уровней воды в этих сооружениях.

Количество и местоположение на сети водонапорных сооружений зависят от следующих факторов:

- количества насосных станций, питающих водопроводную сеть;
- рельефа местности;
- величины требуемых свободных напоров в различных районах сети (разная этажность застройки, напоры для отдельных промышленных предприятий и др.);
- протяженности водопроводной сети; расходов воды, потребляемой различными пользователями;
- неравномерности водопотребления и режима работы питающих сеть насосных станций;
- технико-экономических показателей строительства и эксплуатации сооружений для подачи и распределения воды;
- требуемой степени надёжности обеспечения необходимых расходов и напоров всех водопотребителей.

Правильно решить вопрос о выборе количества и места расположения водонапорных башен можно, только выполняя внешнюю увязку работы сети, насосов и башни (рис. 5.2), учитывая характеристики насосов (расход, напор и сопротивления). Причём чем больше параллельно работающих насосов, тем коэффициент сопротивления меньше.

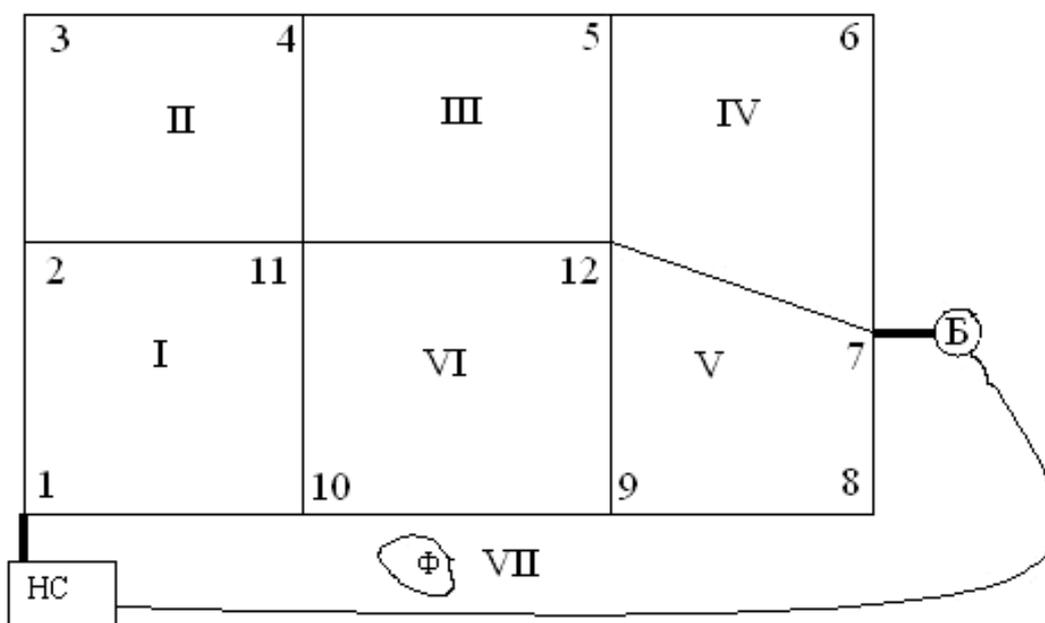


Рис. 5.2. Внешняя увязка гидравлической кольцевой сети

Если гидравлический расчёт увязки сети даёт на ряде участков превышение потерь более 10 – 12 м, то следует принимать следующие меры:

- 1) выбрать насосное оборудование с другими параметрами;
- 2) увеличить высоту башни;
- 3) изменить диаметры участков сети в сторону увеличения.

Традиционно этот вопрос решается на основании технико-экономических расчётов. Оптимальным считался вариант с наименьшими приведенными затратами по всему комплексу гидравлически взаимодействующих сооружений (насосы - сеть - резервуары).

При нескольких насосных станциях и башнях целесообразно рассмотреть зонирование водопроводной сети.

При рассмотрении различных возможных вариантов (рис. 5.3) размещения водонапорной башни на сети руководствуются такими рекомендациями [22]:

● башню необходимо располагать в наиболее высоких точках территории объекта водоснабжения, главным образом, в местах, где предоставляется возможность заменить башню более дешевым напорным резервуаром;

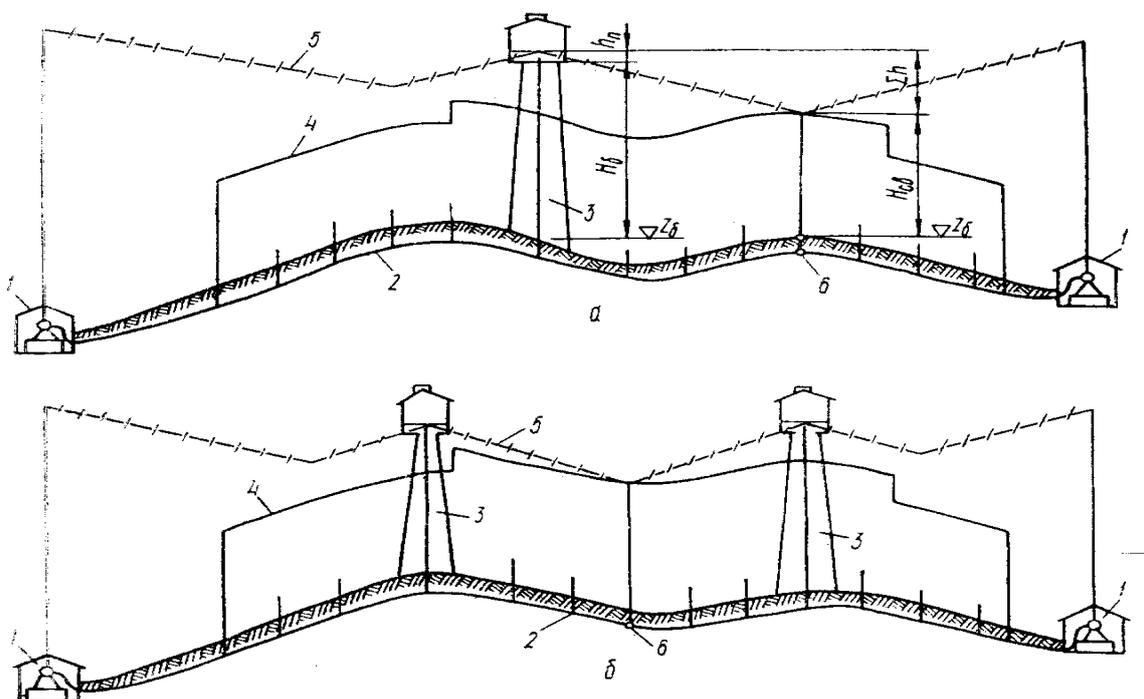


Рис. 5.3. Возможные схемы питания водопроводной сети:
 а – с двумя насосными станциями и одной водонапорной башней;
 б – с двумя насосными станциями и двумя водонапорными башнями;
 1 – насосные станции; 2 – водопроводная сеть; 3 – водонапорные башни;
 4 – линия требуемых напоров в сети; 5 – пьезометрическая линия при максимальном хозяйственном водоотборе; 6 – диктующая точка

❖ башню следует устанавливать как можно ближе к основным (наиболее крупным) водопотребителям, а также к потребителям, требующим больших свободных напоров в сети;

❖ башня должна размещаться примерно в центре территории, обслуживаемой ею в период максимального хозяйственного водоотбора.

Местоположение водонапорной башни зависит от соотношения уклона территории объекта водоснабжения (I_m) и уклона пьезометрической линии (I_n) от башни к диктующей точке в период максимального хозяйственного водоотбора. При $I_n/I_m < 1$ башню располагают на самой высокой точке местности, а при $I_n/I_m > 1$ - ближе к центру обслуживаемого башней района водопроводной сети.

5.3. Реконструкция существующих сетей водоснабжения

Сформированные градостроительной политикой и существующей застройкой водопроводные сети населённого пункта зачастую требуют реконструкции с существенным изменением характеристик, позволяющих обеспечить наиболее приемлемые условия дальнейшей их эксплуатации, такие как водо- и энергосбережение; выявление и снижение потерь воды, связанных с утечками; повышение культуры труда, привлечение квалифицированных кадров, сокращение коэффициентов отказа оборудования и повышение надёжности системы, снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций и безопасной эксплуатации объектов. Решить поставленные вопросы можно за счёт ряда приёмов:

1. В настоящее время при гидравлическом расчёте распределительной водопроводной сети используется методика, которая может дать экономический эффект только при сравнительно низкой стоимости электроэнергии. Повышение цен на электроэнергию требует нового подхода к гидравлическому расчёту и конструированию водопроводных сетей. Наиболее рациональным может оказаться тот способ, при котором скорость транспортирования воды по водораспределительной сети не будет превышать 1 м/с, т.к. при $v < 1$ м/с *величина потери напора на местные сопротивления будут значительно сокращены:*

$$h_w = \zeta v^2 / (2g),$$

здесь ζ – безразмерный коэффициент сопротивления;

v – средняя скорость, м/с; g – ускорение свободного падения м/с²;

2. Для снижения общих энергозатрат при подаче воды потребителям целесообразно не только *снизить скорость движения воды, но и уменьшить потери напора на трение по длине водоводов*, восстановить их внутреннюю поверхность за счёт реновации труб, уменьшить шероховатость путём нанесения цементно-песчаного раствора или протяжкой полиэтиленового рукава [9, 67, 49]:

$$h_f = \lambda l v^2 / (2gd),$$

здесь λ – коэффициент гидравлического сопротивления трения;

d – диаметр трубопровода.

3. Снижение энергозатрат может быть достигнуто и за счёт совершенствования самой системы водораспределения. Для этого в крупных городах или населённых пунктах, расположенных вдоль водоёма на значительном расстоянии $L > 15 \dots 20$ км, целесообразно устраивать *зонные системы* водоснабжения. Это достигается укладкой специальных водоводов от существующих напорных водоводов насосных станций 2-го подъёма для подачи воды в каждую зону с минимальными допустимыми свободными напорами. В каждой зоне можно предусмотреть свои регулирующие резервуары питьевой воды, в которые вода может подаваться равномерно в течение суток, а подача к потребителю, принадлежащему данной зоне, может осуществляться повысительными насосами, которые будут иметь меньшую величину напора и расхода, чем при транзите воды через всю сеть.
4. При наличии в населённом пункте нескольких источников водоснабжения, которые обеспечивают подачу питьевой воды в единую кольцевую водопроводную сеть, наиболее целесообразно произвести реконструкцию городской водопроводной сети за счёт выбора зон влияния каждого водозабора на городскую сеть;
5. При точечной застройке города необходимо: в проектах предусматривать реконструкцию сети, учитывающую изменения в расходных и напорных характеристиках на участках с новой застройкой старых районов; квалифицированно оценивать материал уложенных труб, год укладки, диаметр, проверять, как изменятся основные характеристики сети и как это повлияет на работу транзитных участков сети.
6. Выполнение комплексной системы диспетчерского управления системой водоснабжения и канализации целесообразно вести в 4 – 5 этапов порайонное, с дальнейшим подключением к центральному диспетчерскому пункту.

На I этапе обследуются объекты автоматизации и составляется план диктующих точек для технического задания. Объекты укомплектовываются и наполняются минимальным диспетчерским оборудованием.

II этап. На первичных станциях выполняется минимальный уровень автоматизации.

III этап. Первичные станции связываются с основной районной, т.е. на этом этапе заканчивается автоматизация районного масштаба.

IV этап. Оборудуется центральный диспетчерский пункт, выводится информация с районных узлов, выделяется скоростной канал связи.

V этап. Общая отладка системы. Обучение обслуживающего персонала.

Ожидаемые результаты от внедрения системы

1. Экономия электроэнергии до 30 % при полной реализации программы.
2. Экономия воды $\approx 2 - 5$ %.

3. Выявление утечек и их снижение за счёт понижения давления в сети в ночное время.
4. Через 3 – 5 лет снижение тарифов для населения за пользование системой водоснабжения.
5. Современные методы работы, повышение культуры труда, привлечение квалифицированных кадров (борьба с безработицей).
6. Повышение надёжности системы.
7. Снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций и достижение безопасности эксплуатации.

Глава 6

Реконструкция сооружений водоподготовки

В настоящее время констатируется тяжёлое положение на водоочистных станциях страны:

- большой износ (более 50 %) сооружений, построенных 40 – 50 лет назад и не обновляемых за этот период;
- отсутствие системы автоматического контроля воды в водоисточниках;
- недостаточная квалификация эксплуатационного персонала сооружений;
- станции построены по старым типовым проектам без учёта состава исходной воды, с требованиями к очистке ниже существующих норм ГОСТов и СанПиНов.

Повышение производительности сооружений и качества подготовки воды можно добиться за счёт совершенствования и модернизации существующих ёмкостей, а также за счёт использования новых технологических приёмов, процессов и материалов.

6.1. Технологические приёмы реконструкции станций водоподготовки

В качестве примера *технологического приёма* для снижения расхода коагулянта и повышения эффективности хлопьеобразования можно привести положительный опыт исследования, проведённого в Новочеркасском технологическом университете. Сущность этого технологического процесса состоит в том, что *раствор коагулянта подвергают электромагнитной обработке*. Повышение энергетического потенциала коагулянта в магнитном поле позволяет на 25 – 30 % сократить продолжительность пребывания воды и коагулянта в камерах хлопьеобразования. Следовательно, этот технологический приём при существующем объёме сооружений обеспечивает повышение производительности на 25 – 30 % без ухудшения процесса коагуляции либо при сокращении объёма сооружений на 15 – 20 %, даёт возможность снизить дозы коагулянта на 10 – 15 %, что позволит не только повысить производительность сооружений реагентного хозяйства, но и сократить расходы на химические реагенты.

Другими **новыми технологическими приёмами** повышения качества подготовки питьевой воды могут служить:

- *повышение энергетического потенциала фильтровальной загрузки* путём пропуска раствора марганцовокислого калия через загрузку, что увеличит сорбционную способность загрузки на 10 – 15 %;

- *подача атмосферного воздуха* в объёме до 10 % от количества очищаемой воды (на 1 м³ воды – 0,1 м³ воздуха) *в толщу фильтрационной загрузки* (подобно приёму биохимических процессов, которые имеют место в затопленных биофильтрах). Это позволит снизить количество органических веществ, которое находится в воде поверхностных водоёмов перед очистной станцией. Механизм этого технологического приёма следующий: в толще фильтрационной загрузки при более высоком давлении, чем атмосферное, будет происходить насыщение воды растворённым кислородом, что позволит снизить концентрацию БПК на 85 – 95 %. Этот технологический приём до конца не изучен и требует специального изучения с более широким внедрением в практику.

6.2. Применение новых материалов и реагентов при реконструкции станций водоподготовки

Повышение производительности и качества осветления воды можно достичь за счёт применения новых **материалов**:

- *новые фильтровальные материалы* позволят повысить сорбционную способность загрузки и одновременно добиться окисления органических веществ, содержащихся в исходной воде. В качестве новых фильтрационных материалов целесообразно использовать фильтровальные материалы, содержащие большое количество пор и капилляров. К таким материалам могут относиться: *шунгизит, перлит, трепел* и другие искусственные материалы.

Для повышения надёжности *обеззараживания* воды наиболее целесообразно использовать **новые технологические процессы** и *реагенты*. Из-за низкого качества питьевой воды до 75 % населения потребляет воду, которая по ряду показателей не отвечает ГОСТ «Вода питьевая».

Применение *хлорирования воды отрицательно* сказывается на здоровье населения. Поэтому наиболее перспективными методами обеззараживания воды могут быть:

- *замена* обычного хлорирования на использование продукта электролиза поваренной соли или *гипохлорита натрия*. Этот способ является менее опасным, т.к. не представляет угрозы для окружающей среды и населения;

- более экологически чистыми процессами обеззараживания питьевой воды можно считать *озонирование* и *ультрафиолетовое облучение* воды.

Под руководством доктора технических наук Драгинского В.Л. [38] в академии коммунального хозяйства были проведены исследования по возможности использования озонирования в системах водоснабжения города. Исследованиями было доказано, что до 80 % станций водоподготовки тре-

буют замены хлорирования на озонирование. При использовании озонирования ожидается повышение надёжности обеззараживания, снижение цветности и вкусовых качеств воды без образования побочных продуктов, удаления марганца и железа, сероводорода, а также удаление органических соединений. Озон великолепно сочетается с современными технологиями ультрафильтрации, обратного осмоса. Озонирование воды с одновременным дозированием коагулянта стимулирует образование хлопьев и резко увеличивает эффективность коагуляции. Молекулы растворённых органических соединений, частично окисленные озоном, более подвержены коагуляции. В ряде случаев удаётся достичь эффективной коагуляции веществ, вообще неспособных к коагуляции без обработки озоном. Железо, которое связано с гуминовыми кислотами, также окисляется озоном.

Основные преимущества *технологии применения озона*:

- достижение любой желаемой степени очистки воды;
- применение дешевых химических элементов позволяет повысить окупаемость и снизить затраты процесса очистки;
- малый расход энергии по сравнению с устаревшими технологиями, позволяет экономить и использовать альтернативные источники энергии;
- возможность модернизации старых очистных систем с наименьшими затратами;
- применение нанотехнологий в ультрафильтрационной мембране гарантирует отсутствие попадания применяемых химических элементов в очищенную воду;
- отсутствие чувствительности метода к рН и температуре воды, позволяет упростить принцип технологии очистки;
- озон обладает реакционной и стерилизующей способностью в тысячи раз большей, чем у хлора. Этот газ способен окислять вредные хлорорганические соединения и вытеснять свободный хлор, не создавая новых токсичных соединений, а лишь многократно ускоряя естественный процесс их окисления кислородом воздуха, т.к. озон является активной формой обычного кислорода. Жизнестойкость озона, растворённого в воде, не превышает нескольких минут, после которых не вступившие в реакцию остатки озона превращаются в обычный кислород.

6.2.1. Применение новых химических реагентов для очистки питьевой воды

Традиционные технологии очистки воды становятся в последние годы недостаточно эффективными из-за прогрессирующего загрязнения водоисточников и непредвиденного ухудшения качества воды вследствие техногенных аварийных ситуаций и сброса в водоёмы жидкостей, содержащих повышенные концентрации загрязнений.

Применение химических реагентов является одной из возможностей стабильного хозяйственно-питьевого водоснабжения в условиях интенсивного воздействия человека на водные источники.

Во всём мире уделяется большое внимание производству коагулянтов и флокулянтов. Коагуляция является практически единственным методом очистки воды от мутности, цветности, органических и неорганических загрязнений.

Основной тенденцией использования реагентов в России является переход при коагуляции от сернокислого алюминия к оксихлоридам или полиоксихлоридам алюминия, так как [37]:

- 1) полиоксихлорид алюминия менее токсичен по сравнению с сернокислыми и другими солями алюминия для теплокровных животных;
- 2) коррозионная активность водных растворов полиоксихлоридов алюминия (ПОХА) ниже по сравнению с водными растворами сульфата алюминия при одинаковых концентрациях в них Al_2O_3 ;
- 3) ПОХА или оксихлориды алюминия (ОХА) практически не повышают коррозионную активность обрабатываемой воды, что позволяет исключить её стабилизационную обработку, следовательно, улучшить условия эксплуатации трубопроводов, по которым транспортируется вода, за счёт снижения коррозии и исключения отложения взвеси в них. Наблюдается удаление имеющихся отложений из трубопроводов, по которым длительное время подавалась в городскую сеть вода, очищенная сульфатом алюминия;
- 4) отсутствие проблем при транспортировке, приёме, хранении и использовании позволяет водоочистным станциям осуществлять плавный переход на технологии применения ПОХА без капитальных затрат, без остановки и специальной подготовки эксплуатируемого оборудования.

Доля питьевой воды, очищенной ПОХАм или ОХАм, в России в 2005 г. достигла 25 %. К 2010 г. эта доля составила 50 %.

Железосодержащие коагулянты в первую очередь связаны с сырьевой базой и отличаются *большой дешевизной* по сравнению с алюмосодержащими коагулянтами. Применение сернокислого железа – $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, приводит к значительной коррозии водопроводных труб, т.к. двухвалентное железо является окислителем. Необходим перевод двухвалентного железа в трёхвалентное, т.к. у Fe^{3+} значительно ниже коррозионная активность. На последней стадии очистки обязательно применяют активированный уголь, а значительную часть металлических трубопроводов по возможности заменяют пластиковыми.

Ещё одна тенденция развития производства и использования коагулянтов – это применение смешанных реагентов, обладающих преимуществами монопродуктов и позволяющих добиться синергетического (гр. *synergos* – совместно действующий) эффекта. Простейшим способом является механическое смешивание алюмо- и железосодержащих реагентов, напри-

мер, при приготовлении рабочих растворов коагулянтов или хлоридных и сульфатных алюминиевых солей.

Альтернативой серноокислому алюминию в летний период, когда наиболее актуальны проблемы вторичного загрязнения воды продуктами коррозии (высокая температура, низкие значения щелочности, рН-среды), является комбинированная обработка воды органическим и минеральным коагулянтами (поли-ДАДМАХ и полиоксихлорид алюминия «АКВА-АУРАТ™ 30»). Качественные показатели дополняются значительным экологическим и экономическим эффектом и повышают гарантии эпидемиологической безопасности воды. Сокращается до 30 % сброс взвешенных веществ и алюминия со сточными водами водопроводной станции. Улучшаются условия труда и эксплуатации реагентного хозяйства, амортизационные, энергетические и другие затраты сокращаются более чем в 2 раза. Экономический эффект от замены сульфата алюминия коагулянтом «АКВА-АУРАТ™ 30» наблюдается при дозах менее 7 г/м³. Экономические показатели станции улучшаются [54,37].

На водопроводных очистных сооружениях Ростова-на-Дону при применении серноокислого алюминия в качестве коагулянта была отмечена эмиссия диоксида углерода в атмосферу от каждого узла технологической схемы очистки воды: смеситель – 0,5 %; камера реакции – 1,5 %; горизонтальные отстойники – 0,7 %; растворные баки коагулянта – 0,7 %. В настоящее время на этой станции перешли на флокулянт ВПК – 402. Концентрация СО₂ над поверхностью сооружения меняется даже при небольшом изменении рН воды, а загрязнения были исключены.

Особенно проблема наличия в атмосферном воздухе углекислоты стала актуальна для России после ратификации Государственной Думой в октябре 2004 г. Киотского соглашения о квотировании и плате за выбросы в атмосферу «парниковых газов» - диоксида углерода и метана. Согласно этому документу планируется производить расчёты между странами-участницами на основе установленных масс по выбросам указанных газов. Чем меньше страна «производит» собственных парниковых газов (меньше установленных международным сообществом квот), тем больше средств она может получить на международном рынке от стран, превышающих их квоты (например, США, Китай). Снижение выбросов в атмосферу – это не только природоохранная, но и экономическая задача.

6.3. Конструктивные изменения при реконструкции станций водоподготовки

Повысить производительность и качество осветления воды можно за счёт следующих конструктивных изменений:

- применения *мембранного* метода очистки для получения максимальной степени очистки воды при минимальных габаритах с предельной технической простотой установки, минимальными эксплуатационными расходами за счёт сокращения времени на обслуживание установки и пр.;

- внедрения для фильтрации хлопьев, полученных в результате коагуляции, *ультрафильтрационные мембраны* – самый простой и надёжный способ механической очистки воды после применения коагулянта. Такой метод несопоставимо более эффективен, чем отстаивание, фильтрация или контактная коагуляция, т.к. размер фильтруемых частиц в этом случае на несколько порядков меньше;

- *замены существующего устройства впуска* воды в отстойник **на новое**, улучшающее условие впуска. Впуск воды в горизонтальные и радиальные отстойники можно осуществить не через водослив с тонкой стенкой, а за счёт использования перфорированной перегородки или кожуха. Либо впуск воды можно осуществить через устройство жалюзийной решётки. За счёт реконструкции выпускного устройства можно добиться либо равномерного, либо дифференцированного распределения воды по глубине отстойника;

- *размещения* внутри отстойной зоны *полочных отстойников малой высоты* в виде самостоятельных блоков;

- в конце отстойной зоны можно предусмотреть *осветление* воды *через слой взвеси осадка* (рис. 6.1).

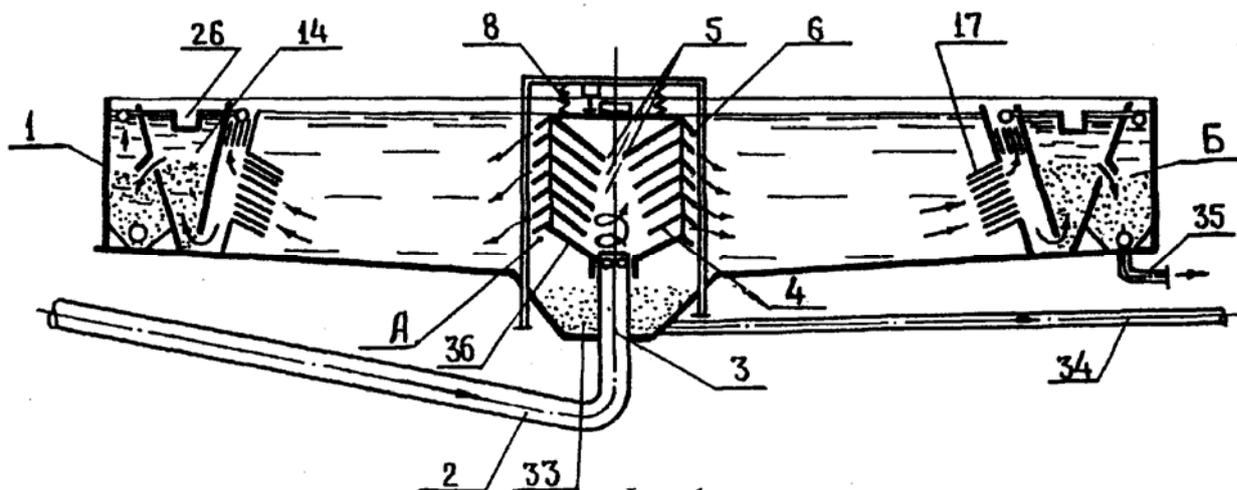
Радиальный осветлитель работает следующим образом.

Исходная вода по патрубку 2 поступает в центральную трубу 3, где она приобретает вращательное движение закручивателем 7, в результате чего под действием центробежных сил взвешенные вещества, плотность которых выше плотности воды, будут отбрасываться к внутренней поверхности центральной трубы 3 и при выходе из неё будет образовываться наиболее загрязненная часть воды в периферийном вращающемся потоке. Центральная, наиболее чистая, часть потока будет подниматься вверх.

Далее восходящий вращающийся поток воды поднимается вверх и движется в радиальном направлении через зазоры между воронками 4.

Из-за того, что отверстия 5 воронок 4 увеличиваются вниз, а наиболее загрязненная вода находится на периферии вращающегося восходящего потока, наиболее загрязненная часть жидкости направляется нижними воронками в нижние слои резервуара 1, осветленная вода проходит через верхние зазоры между воронками и попадает в верхние слои резервуара 1. Наличие отбойных козырьков 6 обеспечивает направление потока в сторону днища резервуара 1, что способствует более интенсивному осаждению взвешенных веществ.

При прохождении исходной воды через зазоры между воронками взвешенные вещества выпадают в осадок на наклонную часть воронок и сползают в центральную часть, где подхватываются уже коагулированным восходящим потоком исходной воды и направляются в зазоры между нижними воронками 4. Дальнейшее осаждение взвесей из сточной воды осуществляется в отстойной зоне резервуара 1, после чего очищенная вода направляется в сборный лоток 26 и далее на дальнейшую более глубокую очистку.



Фиг. 1

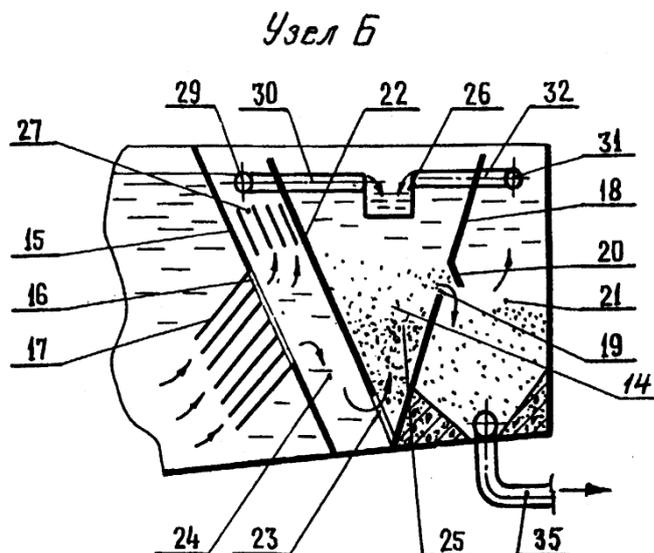
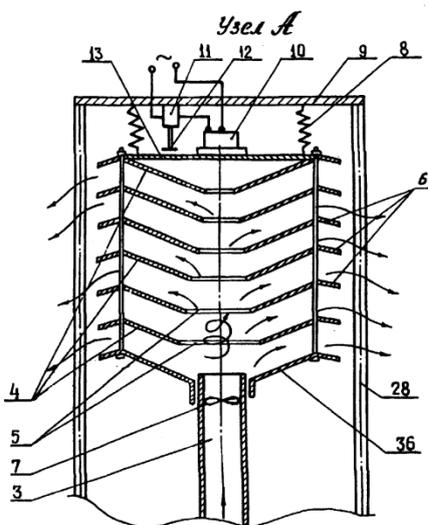


Рис. 6.1. Радиальный осветлитель (патент РФ № 2191619) [62]:
 1 – цилиндрический резервуар; 2 – входной патрубок; 3 – центральная труба;
 4 – струенаправляющие элементы в виде воронок; 5 – отверстия; 6 – отбойные козырьки; 7 – закручиватель потока; 8 – пружины; 9 – опорная площадка; 10 – вибратор;
 11 – прерыватель; 12 – шток; 13 – заглушка; 14 – кольцевая камера сечением U-образной формы; 15 – внутренняя стенка; 16 – окно; 17 – конический полочный осадитель; 18 – наружная стенка; 19 – перепускное окно для отвода осадка; 20 – козырёк;
 21 – полость для сбора и уплотнения осадка; 22 – перегородка; 23 – окно в нижней части; 24 – перепускной канал; 25 – полость для осветления воды во взвешенном слое осадка; 26 – сборный лоток для осветлённой воды; 27 – конический полочный осадитель;
 28 – опорные стойки; 29 – перфорированный коллектор для сбора осветлённой воды; 30 – радиальный патрубок; 31 – перфорированный коллектор; 32 – патрубки для подачи осветлённой воды; 33 – центральный приямок; 34 – трубопровод для отвода осадка; 35 – патрубок для отвода осадка; 36 – коническая перегородка

В случае установки дополнительной камеры 14 вода поступает в полочный осадитель 17, где дополнительно очищается от мелких взвешенных веществ. В перепускном канале 24 часть воды поднимается вверх и через коллектор 29 и патрубки 30 направляется в сборный лоток 26, а часть воды опускается вниз, через окна 23 входит в камеру 25, проходит вверх

через слой взвешенного осадка и, осветленная, направляется в сборный лоток 26. Избыток взвешенного осадка через окна 19 с помощью козырька 20 направляется в нижнюю часть полости 21, где уплотняется и через патрубок 3 выводится на дальнейшую переработку. Взвешенные вещества, которые оседают в центральной отстойной зоне резервуара 1, собираются в центральном приемке 33, откуда по патрубку 34 удаляются на дальнейшую обработку.

Осветленная вода из полости 21 поднимается вверх и через коллектор 31 и патрубки 32 направляется в сборный лоток 26.

В случае установки полочного осадителя 27 в перепускном канале 24 поднимающаяся вода дополнительно осветляется прохождением через зазоры полочного осадителя 27, а осадок падает с пластин осадителя 27 вниз и направляется в камеру 25.

В случае подвески пакета воронок 4 на пружинах 8 при повышении толщины слоя осадка на воронках 4 увеличивается общий вес пакета. Пружины 8 растягиваются, заглушка 13 опускается, шток 12 выдвигается вниз и включает в действие контактный прерыватель 11, который включает в цепь вибратор 10. Под действием вибрации осадок сползает с поверхности воронок 4, пакет воронок облегчается и поднимается вверх. Шток 12 толкается вверх заглушкой 13, что приводит к отключению вибратора 10.

Технико-экономическая эффективность предложенного радиального осветлителя по сравнению с прототипом заключается в повышении его производительности до 15-20 % за счёт обеспечения четырехступенчатого осветления воды: в распределительном центральном пакете воронок, в центральной отстойной зоне, в кольцевом тонкослойном осадителе и при прохождении через слой взвешенного осадка в камере U-образной формы.

При этом исключаются застойные зоны в периферийной части резервуара. Обеспечение оптимальной скорости движения воды и создания благоприятных условий для осаждения взвеси по всему объему радиального осветлителя позволяет повысить эффективность осветления на 30-35 % при равных гидравлических нагрузках с прототипом.

Наличие полости для сбора осадка в периферийной части резервуара позволяет обеспечить отвод осадка с пониженной влажностью, что снижает капитальные и эксплуатационные расходы на дальнейшую обработку осадка.

Метод расчёта горизонтального отстойника–осветлителя с направляющим полочным распределительным устройством на входе

Для реконструкции традиционного горизонтального отстойника с целью повышения его эффективности в него добавляются новые элементы, которые необходимо рассчитать. Основными технологическими параметрами являются площади отверстий, размеры щелей, полок, отсеков.

Основные расчётные размеры нанесены на схему – рис. 6.2.

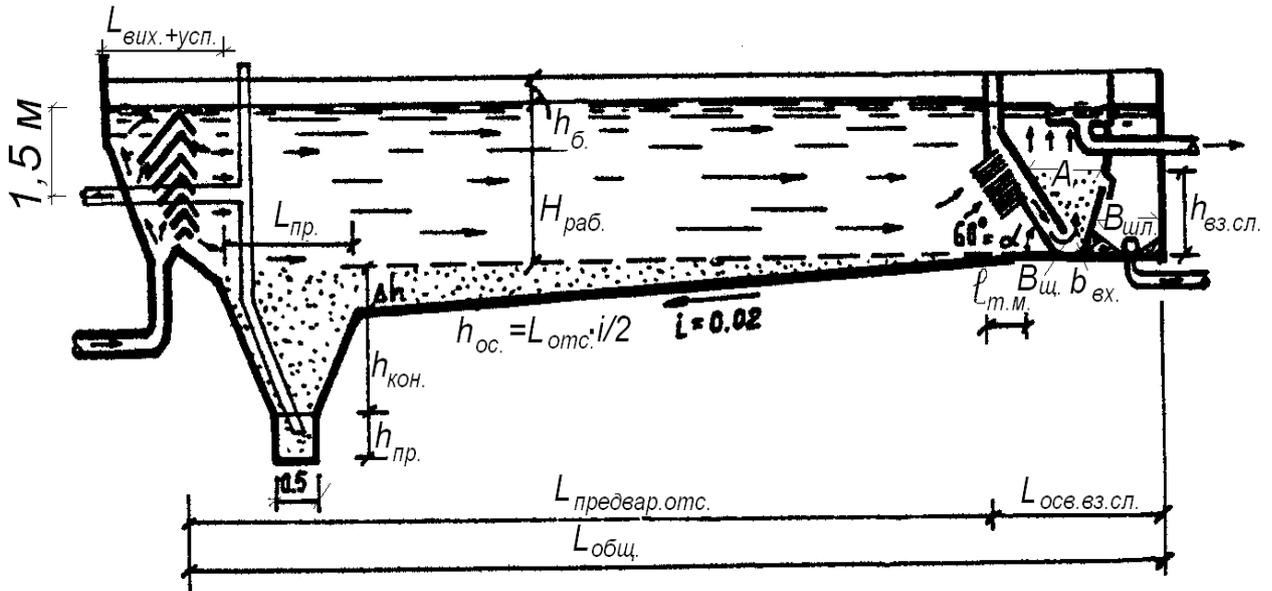


Рис. 6.2. Горизонтальный отстойник-осветлитель с направляющим полочным распределительным устройством

Площади живого сечения, м^2 , следует определять по формуле

$$\omega = \frac{q'_{mid}}{v}, \quad (6.1)$$

где q'_{mid} – расход, $\text{м}^3/\text{с}$, на один отстойник;

v – скорость в рассматриваемом сечении, $\text{м}/\text{с}$.

Ширину отверстий, камер, перепускных каналов следует определять по общей формуле

$$B = \frac{\omega}{B_{отс.}}, \text{ м}, \quad (6.2)$$

где ω – площадь живого сечения отверстий, камер, перепускных каналов, м^2 ;
 $B_{отс.}$ – ширина отстойника, м .

Длину камеры первичного отстаивания определяют по формуле

$$L_{предвар.отс.} = L_{тип} - (L_{расп.ус.} + B_{п.к.} + A + B_{шл.н.}), \text{ м}, \quad (6.3)$$

здесь $L_{тип}$ – длина типового первичного отстойника, м ;

$L_{расп.ус.}$ – длина распределительного устройства, м ;

$B_{п.к.}$ – ширина перепускного канала, м ;

A – ширина зоны взвешенного осадка, м ;

$B_{шл.н.}$ – ширина шламонакопителя, м .

Объём встроенных камер составит

$$W_{вс.к.} = (B_{пер.к.} + B_{шл.н.} + A) \cdot H_{раб.} \cdot B_{отс.}, \text{ м}^3, \quad (6.4)$$

где $B_{пер.к.}$ – ширина перепускного канала, м ;

$B_{шл.н.}$ – ширина шламонакопителя, м ;

$H_{раб.}$ – высота рабочей зоны, м .

Объём вихревой и успокоительной камер находится по формуле

$$W_{вих.+усп.} = L_{распр.уст.} \cdot H_{раб.} \cdot B_{отс.}, \text{ м}^3, \quad (6.5)$$

где $L_{распр.уст.}$ – длина распределительного устройства, м.

Фактический объём камеры первичного отстаивания определяется по формуле

$$W_{фак} = W_{раб.} - W_{вс.к.} - W_{вих.+усп.}, \text{ м}^3. \quad (6.6)$$

Отдельно осуществляется расчёт тонкослойного блока:
общая площадь полок

$$\omega_{пол.} = h_{пол.} \cdot B_{отс.}, \text{ м}^2; \quad (6.7)$$

количество полок

$$n_{пол.} = \frac{\omega_{т.м.}}{\omega_{пол.}}, \text{ шт.} \quad (6.8)$$

Общая высота и длина блока, м, определяются по формулам:

$$H_{bl} = L_{пол.} \cdot \cos \alpha \cdot n_{пол.}; \quad (6.9)$$

$$L_{пол.} = \frac{v_{т.м.} \cdot h_{пол.}}{U_0}, \quad (6.10)$$

$U_0 = 0,0015 - 0,0016$ м/с.

Расчёты удобно сводить в табл. 5, в которой приведены рекомендуемые скорости для каждого типа конструктивного элемента горизонтального отстойника-осветлителя.

Таблица 5

Основные параметры горизонтального отстойника-осветлителя

Тип конструктивного элемента	v , м/с	ω , м ²	B, м
Тонкослойный модуль	0,003 – 0,007		
Перепускной канал	≤0,4 – 0,5		$B_{п.к.}$
Щель выхода из перепускного канала	≤0,2		$B_{щ.}$
Вход во взвешенный слой	≤0,15 – 0,1		$b_{вх.}$
Камера взвешенного слоя	0,002 – 0,005		A

6.4. Повышение эффективности сооружений водоподготовки

В процессе эксплуатации существующих станций водоподготовки в период капитального ремонта возможна реконструкция смесительных устройств, камер хлопьеобразования, отстойников, осветлителей с взвешенным слоем, фильтров с повышением эффективности этих сооружений на 10 – 20 %. При этом следует учитывать, что процесс окисления Fe^{2+} в Fe^{3+} замедляется при $pH < 7$ и ускоряется в присутствии в воде солей меди или ранее выпавшего осадка $Fe(OH)_3$. Температура интенсифицирует диффузию ионов, скорость фильтрования. Примеси в воде сероводорода, свободной углекислоты, коллоидной кремниевой кислоты, аммиака ухудшают каталитические свойства плёнки в фильтрующей загрузке.

6.4.1. Повышение эффективности смесительных устройств

Повысить эффективность этих устройств и сэкономить до 10 % коагулянта можно за счёт:

- 1) равномерного распределения реагентов и смешивания воды с ними по всей глубине и площади за расчётное время;
- 2) пересмотра точек ввода реагентов и перерывов между введением отдельных реагентов (прерывистое коагулирование; дробное введение коагулянта), использование флокулянта;
- 3) барботирования воды в смесителях воздухом;
- 4) рециркуляции осадка;
- 5) применения механических (пропеллерных) смесителей;
- 6) использования разных коагулянтов в сочетании с флокулянтами, в зависимости от качества исходной воды.

6.4.2. Повышение эффективности камер хлопьеобразования

Для повышения эффективности хлопьеобразования предпринимают следующие действия:

а) реконструируют камеры хлопьеобразования (где это возможно) в вихревые камеры [36, с.14];

б) выбирают оптимальную температуру, скорости движения, а также добавляют флокулянты.

Например: внедрение катионного флокулянта Praestol 650 TR (Праестол) производства г. Пермь взамен полиакриламида позволяет:

- 1) повысить качество подаваемой потребителям воды;
- 2) снизить расход коагулянта на 10 – 12 %;
- 3) снизить эксплуатационные расходы в 3 – 4 раза.

Флокулянт представляет собой гранулы белого цвета, содержание активной части 100 %.

В ОАО «Кемвод» г. Кемерово проводились сравнения эффективности работы оксихлорида алюминия (ОХА) и сульфата алюминия. В результате определены условия и периоды года, при которых использование ОХА позволяет повысить качество питьевой воды, при этом снизить эксплуатационные затраты и расход коагулянта [35, 36, с.8-9].

6.4.3. Повышение эффективности отстойников и осветлителей с взвешенным слоем

Повысить эффект работы этих сооружений можно несколькими *способами*:

- *технологическим* - используют при обработке маломутных вод. Эффективно в качестве коагулянта использовать шлам этих сооружений. Дозы шлама зависят от местных условий и могут колебаться в широком пределе (100÷500 мг/л);

- *конструктивным* - реконструкцией распределительных систем для повышения коэффициента объёмного использования и, следовательно, эффекта очистки воды, а также применением тонкослойных блоков.

Осветлители с взвешенным слоем и отстойники различных конструкций в условиях обработки маломутных цветных вод функционируют недостаточно эффективно, и вся нагрузка приходится на фильтры [4].

6.4.4. Повышение эффективности контактных осветлителей и фильтров

В *скорых фильтрах* обычно используется однослойная загрузка из кварцевого песка, которая имеет определённые недостатки при неэффективной работе сооружений первой ступени очистки.

Верхняя часть загрузки состоит в основном из песка мелких фракций, вследствие чего в ней весьма интенсивно происходит рост напора, период действия фильтра между промывками сокращается, и загрузка фильтрует воду неполной высотой.

Значительные трудности при эксплуатации фильтров возникают при интенсивном развитии фито- и зоопланктона, когда на поверхности фильтров образуется плотная биоплёнка. Скорость фильтрования при этом сокращается, существенно повышается расход воды на промывку фильтрующей загрузки.

Одним из методов повышения эффективности работы *скорых фильтров* является применение в них *двухслойных загрузок* с различной плотностью материалов слоёв; *новых материалов*, обладающих высокой адсорбционной способностью. В качестве верхнего слоя используют более крупные зёрна меньшей плотности, чем нижние. Для верхних слоёв используют дроблёный антрацит и керамзит, «горелые породы», гранулы полистирола, искусственные материалы неорганического и органического происхождения и др. пористые материалы крупностью 1...4 мм. Эти материалы применяются для повышения грязеёмкости загрузки и улучшения показателей работы *скорых фильтров*. Для нижних слоёв используют кварцевый песок, магнетит, магнитный железняк и т.п.

Последовательность устройства двухслойной загрузки фильтров (из производственного опыта) следующая:

- сначала загружается кварцевый песок с размером зёрен 0,6 – 1,2 мм и коэффициентом неоднородности не более 2;
- в течение приблизительно 1 месяца фильтр эксплуатируется только с песчаной загрузкой. За это время с поверхности загрузки 2 – 3 раза удаляется мелкий песок для того, чтобы к моменту загрузки антрацитом из фильтра был удалён песок фракции менее 0,6 мм;
- далее равномерно по всей площади загружается антрацит с размером фракций 0,8 – 2 мм.

После замачивания в воде антрацита не менее 4 ч осуществляют промывку всей загрузки. Отмывку антрацита следует производить неодно-

кратно до получения «чистой» воды. После нескольких промывок при наличии на поверхности мелких фракций (менее 0,8 мм) их удаляют. После этого фильтр может быть введён в эксплуатацию.

Если сооружения первой ступени очистки не работают, вода через них проходит транзитом или подаётся на фильтры по обводной линии, то прибегают к *контактной коагуляции на фильтрах*.

НИИ КВОВ предлагает использовать контактную коагуляцию на фильтрах с введением коагулянта и (или) флокулянта непосредственно перед загрузкой фильтров, особенно в зимний период. Это возможно лишь при применении двухслойной антрацито-песчаной загрузки (высота слоя антрацита рекомендуется 0,4...0,5 м при общей высоте слоя загрузки 1,8...2 м).

Устройство двухслойных антрацито-песчаных загрузок осуществлено на предприятиях Водоканалов Верхневолжского региона в Ярославле, Костроме, Вологде, Тутаеве, Бежецке, Угличе, Иваново и др. городах [54]. Водоемосточниками этих городов являются р. Волга и её притоки. Для малых рек характерна высокая цветность воды (до 250 град) со значительными колебаниями по временам года. А в последние годы замечена цветность воды во всех поверхностных источниках волжского бассейна.

Анализ трехлетней работы двухслойных фильтров показал следующее:

- качество фильтрата по показателям мутности и цветности улучшилось;
- повысилась производительность фильтров на 10 ...20 % за счёт увеличения скорости фильтрации;
- повысилась продолжительность фильтроциклов;
- уменьшился расход промывной воды за счёт возможного снижения продолжительности промывки загрузки (табл. 6).

Таблица 6

Показатель	До реконструкции	После реконструкции
Высота загрузки, м:		
- керамзит	1	-
- кварцевый песок	-	0,45
- гидроантрацит	-	0,4
Время промывки, мин	7	6
Продолжительность фильтроцикла, ч	24	24
Скорость фильтрования, м/ч	10	12
Качество фильтрата:		
- цветность, град	25	18 – 20
- мутность, мг/л	1 – 2	0,8 – 1

Применение на предварительной ступени *очистки маломутных цветных вод напорной фильтрации* повышает эффект очистки, по сравнению с традиционным применением префильтров. При этом наблюдаются следующие изменения:

- снижается дзета-потенциал обрабатываемой воды;

- нарушается агрегативная устойчивость взвеси и, следовательно, значительно интенсивнее идёт процесс коагуляции и сокращается потребность в коагулянте;
- за счёт сгущения вещества наступает самопроизвольная коагуляция частиц, т.е. происходит начальная стадия коагуляции (перикинетическая);
- при добавлении малых доз коагулянта и краткосрочном интенсивном перемешивании вторая стадия коагуляции (ортокинетическая) проходит намного интенсивнее в условиях напорной флотации; контактная коагуляция экономит до 20-30 % коагулянта;
- при очистке воды с исходной цветностью до 120 град на контактных осветлителях при небольшом сокращении времени хлопьеобразования в 2...8 раз сокращается доза коагулянта;
- устройство напорного флотатора на водопроводе мощностью 3200 м³/сут с использованием *контактных осветлителей* окупается в течение 4 месяцев;
- напорная флотация как предварительная ступень при обработке поверхностных вод способствует снижению концентрации остаточного алюминия в воде, а это экологически более чистая вода [54].

Глава 7

Реконструкция водоотводящих сетей и сооружений

Большинство систем и сооружений водоотведения было построено и пущено в эксплуатацию в 70 – 80 годы XX века в соответствии с существовавшими в те годы нормативными и директивными требованиями к техническому состоянию и эксплуатации. Реформирование коммунального хозяйства в РФ не привело к улучшению положения, более того, после передачи большинства систем и сооружений в муниципальное подчинение их эксплуатация и состояние значительно ухудшились по следующим причинам:

- отсутствие производственной базы для выпуска необходимого оборудования;
- серьезные финансовые трудности;
- недостаток квалифицированного персонала по эксплуатации в муниципальных эксплуатирующих органах.

Например, в Московской области практически более 60 % очистных сооружений не функционируют, а 40 % работают неудовлетворительно или же показатели очищенной сточной воды из-за устаревшей технологии не удовлетворяют современным требованиям к сбросу очищенной сточной воды в открытые водоёмы. Реконструкция систем водоотведения и очистки сточных вод напрямую связана с экологической обстановкой водных бассейнов в Российской Федерации. Вода необходима для питьевого и промышленного водоснабжения, поэтому сохранение водных источников от загрязнения и истощения путём реконструкции очистных сооружений с

минимизацией капитальных вложений является в настоящее время весьма важной и актуальной задачей.

Построенные ранее системы и сооружения водоотведения обладают определёнными резервами, если использовать современные отечественные и зарубежные технологии интенсификации их работы. Реконструкция возможна при небольших капитальных вложениях по сравнению со строительством новых идентичных ёмкостей, обладающих теми же недостатками что и существующие сооружения. Реконструкция ёмкостей даёт возможность поддержать в течение 20 – 30 лет, при соответствующей эксплуатации, сети, насосные станции и очистные сооружения на уровне, близком или отвечающем современным требованиям. За последние годы накоплен значительный опыт, позволяющий применять новые методы реконструкции, основанные на современном научно-техническом уровне.

7.1. Особенности проектирования при реконструкции водоотводящих сетей и сооружений

При выполнении проекта *реконструкции водоотводящей системы* важен период *предпроектных работ*, который должен включать следующие *этапы*:

- детальное обследование объекта;
- обмер сооружений с геодезической съёмкой реального объекта;
- обследование строительных конструкций;
- составление дефектных ведомостей по технологии работы и состоянию строительных конструкций отдельных систем и сооружений;
- выполнение поверочных расчётов на проектируемую пропускную способность;
- выдача рекомендаций по восстановлению или ремонту строительных конструкций;
- разработка научно-технических решений по реконструкции систем и сооружений;
- составление технико-экономического обоснования (ТЭО) принятых решений и ОИС.

Только после выполнения всего комплекса предпроектных работ можно приступать к проектированию реконструкции конкретного объекта водоотведения и выполнению необходимой проектно-сметной документации [11].

7.2. Совершенствование режимов транспортирования сточных вод в водоотводящих сетях

Охрана окружающей среды включает в себя улучшение санитарного состояния территорий населённых пунктов и поддержание чистоты водоёмов. Общее санитарное состояние населённых пунктов и водоёмов определяется многими факторами, но наиболее важным из них является надёжность работы водоотводящих сетей и сооружений для очистки сточных вод.

Водоотводящие сети имеют большую протяжённость, например, в крупных городах их длина составляет тысячи километров, а в целом по стране – сотни тысяч километров. Статистика эксплуатации водоотводящих сетей показывает, что трубы диаметром 150 и 200 мм составляют до 80 % от общей их протяжённости. И даже при этих условиях стоимость строительства водоотводящих сетей и КНС составляет до 70 % стоимости всей системы водоотведения вместе с сооружениями для очистки сточных вод и обработки их осадков. Водоотводящие сети имеют высокую стоимость и должны проектироваться, строиться, эксплуатироваться и тем более реконструироваться с высокой степенью надёжности их работы.

Задача обеспечения высокой надёжности работы водоотводящих сетей включает в себя обширный комплекс различных технических и организационных мероприятий.

Надёжность работы водоотводящих сетей может позволить увеличить срок её эксплуатации, снизить затраты на их содержание, обеспечить значительный экономический эффект, а главное, повысить санитарное состояние населённых пунктов и водоёмов.

Решение задачи по безотказной работе водоотводящих сетей связано с *предотвращением засорений* трубопроводов и *улучшением гидравлических условий* в них. Основным фактором, влияющим на снижение надёжности работы водоотводящих сетей, является их засорение различными осадками. Для успешной борьбы с засорами необходимо знать причины задержки осадков в трубопроводах и лотках колодцев. Взвешенные вещества, содержащиеся в сточных водах, не однородны по плотности, поэтому в поперечном сечении потока сточных вод занимают разное положение. Более тяжёлые примеси перемещаются у дна или по дну труб, а лёгкие (жиры, смолы, масла, нефтепродукты и др. волокнистые вещества – ветошь, пряжа, мочала и прочие, преимущественно органического происхождения) перемещаются по поверхности потока.

Различие составов загрязнений при их перемещении по трубам приводит к изменению свойств самих загрязнений, т.к. наблюдаются случаи *сцепления и переплетения лёгких и нитевидных загрязнений с осадком*. В этом случае велика вероятность *образования комьев*, которые, перекатываясь по лоткам труб, увеличиваются в объёме, способны *выпадать* в виде осадка при скоростях ниже критических либо *закупоривать* сеть. Жиры и масла *прилипают* к стенкам трубопроводов и *уменьшают их поперечное сечение*. Выпавшие в осадок органические вещества в процессе химических реакций и их загнивания в трубах ведут к *появлению отравляющих газов* (окиси углерода, сернистого газа, сероводорода, окиси азота, метана и др.), затрудняя эксплуатацию сети.

Частыми нарушениями нормальной работы водоотводящих сетей являются последствия: 1 – ошибок проектирования; 2 – дефектов строительства; 3 – ненадлежащего уровня эксплуатации; 4 – несоблюдение абонен-

тами правил пользования внутренними канализационными приборами - и др. объективные и субъективные причины.

Наиболее характерными *недостатками при проектировании* водоотводящих сетей являются:

1) неправильный выбор расчётных расходов, диаметров труб, их уклонов, наполнения и скоростей движения жидкости;

2) нерациональный выбор основания под трубы, материалов труб и их соединения;

3) несоблюдение правил учёта потерь напора, особенно на местные сопротивления (в стыках, на поворотах, при изменении уклонов и присоединении нескольких труб с различными заглублениями и скоростями движения воды);

4) необоснованное применение минимальных уклонов и диаметров труб при малых расходах на «безрасчётных» участках сети;

5) нерациональный выбор наполнения труб, при котором достигается максимальная скорость и пропускная способность и др.;

6) нерациональный выбор режимов работы небольших насосных станций. Откачка стоков назначается периодически, с большими интервалами времени, что приводит к нестабильной работе сетей последующих участков как напорных, так и безнапорных.

К *дефектам строительства* приводят:

1) неправильное соединение трубопроводов (при слиянии нескольких потоков, изменении уклонов и диаметров труб);

2) завышение зазоров в стыковых соединениях между трубами;

3) образование выступов между лотками колодцев и трубами;

4) уменьшение сечения лотков в колодцах по сравнению с примыкающими трубами;

5) смещение отдельных звеньев труб в горизонтальной и вертикальной плоскости из-за неравномерной просадки грунтов;

6) несоблюдение расчётных уклонов прокладки труб (имеют место и контруклоны).

Наиболее частыми последствиями *нарушения* нормальной работы сети при *эксплуатации* являются **изливы стоков** в подвалы зданий или **на поверхность земли** через люки смотровых колодцев, которые ухудшают санитарное состояние населённого пункта, что наносит материальный ущерб жителям и государству.

Повышение надёжности работы водоотводящих сетей необходимо начинать с пересмотра ряда положений СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения». В числе необходимых изменений специализированным проектирующим реконструкцию сетей водоотведения, можно рекомендовать:

1) максимально улучшить гидравлические условия по транспортированию сточных вод и загрязнений в них, т.е. *обеспечить скорости движения сточных вод не ниже критических, даже при минимальных расходах;*

2) пересмотреть требования по выбору материала труб, отдавая предпочтение материалам с меньшей шероховатостью (например, различным полимерам);

3) полнее использовать гидравлические характеристики труб круглого сечения, т.к. максимальная пропускная способность этих труб имеет место при наполнении $h=0,95d$, а максимальная скорость движения жидкости наблюдается при наполнении $h=0,813d$;

4) минимальные диаметры труб дворовой и уличной сети необходимо принимать исходя из главного условия – скорости потока, которая должна быть не ниже критической - при пропуске среднего секундного расхода с наполнением труб не более $h=0,5d$. При пропуске максимального расхода наполнение должно быть $h \leq 0,9d$ (при любых диаметрах труб), а не 150 и 200 мм соответственно по настоящим рекомендациям СНиП;

5) полнее учитывать формирование расчётного расхода на участке с учётом наиболее вероятных подключений дворовой сети к уличной [48].

Сущность, применяемого для гидравлического расчёта сети метода, заключается в следующем: за начало расчётного участка принимается начало канализуемого объекта (жилого квартала или площадки промышленного предприятия); при трассировке сети по пониженной стороне квартала весь расчётный расход от квартала считается с начала расчётного участка и на всём протяжении его остаётся постоянным; нижняя граница длины расчётного и каждого последующего участка располагается либо в местах подключения боковых уличных коллекторов, либо посередине проезжей части улицы между смежными кварталами, если нет боковых притоков.

Фактически в границах существующей сети на каждом расчётном участке может быть несколько дворовых выпусков, а число их зависит от планировки застройки кварталов и рельефа местности.

Проиллюстрируем различие в существующей и предлагаемой методиках сбора расходов по участкам рис. 7.1.

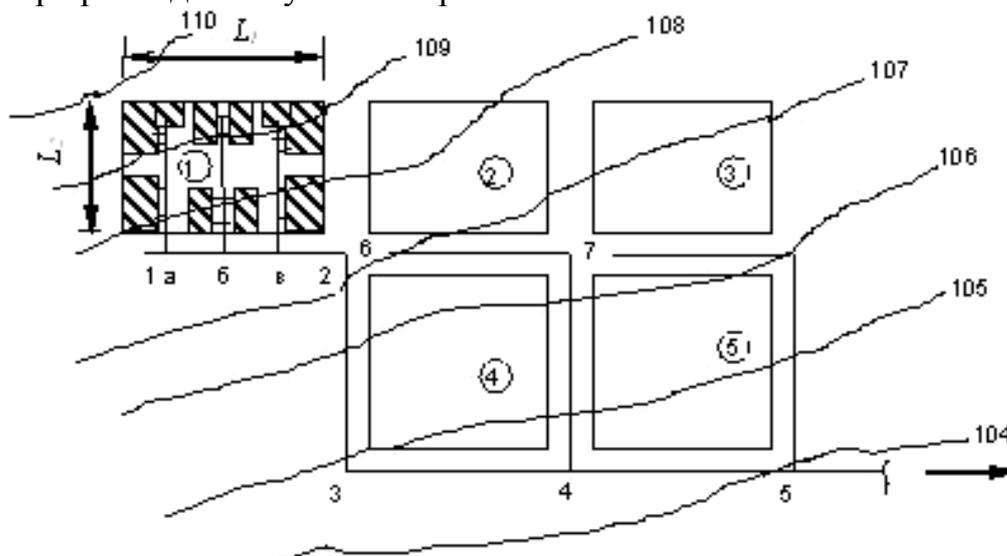


Рис. 7.1. Расчётная схема для гидравлического расчёта водоотводящей сети: (при $L_1=200$ м и $L_2=150$ м)

В ряде случаев нецелесообразно при реконструкции отводить сточные воды в начальные участки водоотводящей сети, например по рис. 7.1 от кварталов 2 и 3 в точки 6 и 7, т. к. прокладка дворовой сети будет осуществляться против уклона местности, потребует более глубокого заложения уличной сети. Такой приём в её прокладке повлечёт за собой серьёзные изменения и приведёт к увеличению средств на реконструкцию.

Если устройство дворовой сети принять с учётом максимального использования рельефа местности, то сеть будет иметь минимальные заглубления, а ранее запроектированная сеть на участке 1-2 может быть уменьшена до точки «а». Или вместо длины «в-2-3» принять длину «в-3». Такой приём позволит на десятки метров сократить протяжённость уличной сети в пределах нескольких участков. Следовательно, предлагаемый новый подход к проектированию и реконструкции сети будет более экономичным и приведёт к повышению качества исходных компонентов трубопровода. При реконструкции можно вместо существующих угловых колодцев использовать подходящий смотровой колодец, который расположен в зависимости от диаметра трубопровода и конфигурации сети [16, п. 4.14] на некотором расстоянии от расчётного.

Надёжность и безопасность работы запроектированной сети по схеме рис. 7.1 проверим гидравлическим расчётом на конкретном примере 1.

Пример 1. Квартал № 1 имеет площадь $F=3$ га, удельный модуль стока

$$q_{уд.} = P \cdot n / 86400 = 1,1574 \text{ л/(с·га)},$$

здесь P – плотность населения чел./га; n – норма водоотведения, л/(с·чел.).

Решение. Средний секундный расход сточных вод от квартала № 1 будет равен $q_{mid(1)}=3,472$ л/с. Расчётный секундный расход, который будет поступать в расчётную точку 1 на участке 1-2, определяется по формуле

$$q_{max.s.} = q_{mid(1)} \cdot K_{gen.max} = 3,472 \cdot 2,5 = 8,68 \text{ л/с},$$

тогда минимальный расход на участке 1-2 будет равен

$$q_{min.s.} = q_{mid(1)} \cdot K_{gen.min} = 3,472 \cdot 0,38 = 1,32 \text{ л/с};$$

здесь $K_{gen.max}$ и $K_{gen.min}$ – соответственно коэффициент максимальной и минимальной неравномерности поступления сточных вод в сеть.

По максимальному секунднему расходу определим гидравлические параметры сети: наполнение (h/d), уклон (i) и скорость (v). Согласно СНиП [16] для них должны быть выполнены ограничения: $d = 200$ мм и $i \geq 0,007$.

По таблицам гидравлического расчёта канализационных сетей Н.Ф. Федорова, Л.Е. Волкова для $q_{max.s.} = 8,68$ л/с; $d = 200$ мм; $i \geq 0,007$; $h/d = 0,4$; $h_{max} = 0,08$ м; $v_{max} = 0,76$ м/с, а для расхода $q_{min.s.} = 1,32$ л/с параметры сети будут следующие: $h/d = 0,15$; $h_{min} = 0,03$ м; $v_{min} = 0,416$ м/с $< v_{кр.} = 0,7$ м/с.

Из приведённого расчёта видно, что при минимальном притоке в точку 1 сточных вод 1,32 л/с скорость движения сточных вод на всём участке 1-2 будет ниже критической, а поэтому данный участок сети будет подвергаться засорению по всей длине. Условия работы сети на участке 1-2 будут ещё хуже, если отвод сточных вод в запроекти-

рованную сеть будет осуществляться через несколько дворовых выпусков, т.е. в точки “а”, “б” и “в” (см. рис. 7.1).

Средний секундный расход в точку 1 будет равен нулю $q_{mid(1)}=0$; в точку “а” - 1,157 л/с; в точку “б” - 1,157 л/с и в точку “в” - 1,158 л/с.

Для этих условий выполним гидравлический расчёт по максимальным и минимальным расходам, а результаты сведём в табл. 7.

Таблица 7

Результаты гидравлического расчёта водоотводящей сети (участка 1-2 с несколькими дворовыми выпусками), показанной на рис. 7.1 для труб $d=200$ мм

Наименование участка		$q_{mid.s.},$ л/с	$q_{max.s.},$ л/с	$q_{min.s.},$ л/с	Уклон труб, i	h/d при расходе		h , м, при расходе		v , м/с, при расходе	
						$q_{max.s.}$	$q_{min.s.}$	$q_{max.s.}$	$q_{min.s.}$	$q_{max.s.}$	$q_{min.s.}$
Фактически	1-а	0	0	0	0,007	0	0		0	0	0
	а-б	1,157	2,9	0,44	0,007	0,23	0,1	0,046	0,02	0,55	0,3
	б-в	2,314	5,79	0,88	0,007	0,23	0,13	0,064	0,026	0,67	0,36
	в-2	3,472	8,68	1,32	0,007	0,4	0,15	0,08	0,03	0,76	0,41
По существующей методике											
1-2		3,472	8,68	1,32	0,007	0,4	0,15	0,08	0,03	0,76	0,41

Анализ данных табл. 7 даёт основание сделать следующие выводы:

Наличие в одном жилом квартале нескольких дворовых выпусков требует учёта притока воды в наружную водоотводящую сеть по каждому дворовому выпуску, при этом степень наполнения труб увеличивается постепенно (при каждом новом притоке воды); снижается скорость движения воды в конце отрезка сети перед местами присоединений новых расходов. Так как на местные сопротивления перепады лотков сети не предусмотрены, подтопления предыдущих участков сети неизбежны даже при пропуске максимальных расходов воды. Поэтому в водоотводящей сети, запроектированной по традиционной методике, частые засорения сети, повышенный риск возникновения аварий и выпадение осадков в виде взвешенных веществ будут иметь место в лотках труб перед смотровыми колодцами, в которых присоединяются другие расходы от того же жилого квартала;

б) максимально приблизить теоретические условия в сети к фактическим при выборе схемы и гидравлическом расчёте наружной водоотводящей сети. В расчёте используются формулы равномерного и установившегося режима (фактически в сетях имеет место неравномерный и неустановившийся режим). В схеме реконструкции целесообразно предусматривать КНС с равномерной подачей воды круглые сутки за счёт устройства приёмных резервуаров, выполняющих функцию накопителей для регулируемого объёма перекачиваемых сточных вод. КНС на дворовой сети могут устраиваться упрощённого типа, т.е. приёмный резервуар-накопитель с размещением в нём погружных насосов с малой высотой нагнетания;

7) полнее учитывать местные сопротивления (стыки, вход, выход, поворот, перепад, изменение диаметров и т.д.) в расчётах для гидравлически грамотного сопряжения смежных участков;

8) шире использовать *санирование и реновацию* существующих труб;

9) учитывать неравномерность отвода сточных вод с вероятностью обеспечения максимальных и минимальных расходов.

Реализация приведенных рекомендаций при проектировании новых и реконструкции существующих сетей позволит совершенствовать режимы водоотведения, улучшить гидравлические условия, достичь высокой степени надёжности работы сетей и максимально защитить окружающую среду.

Преимущества предлагаемого подхода и модели гидравлического расчёта водоотводящей сети покажем на данных примера 1 и рис. 7.1, но устройство сети примем из пластмассовых труб. Результаты расчётов представим в табл. 8.

Таблица 8

Результаты гидравлического расчёта водоотводящей сети от квартала 1 (см. рис. 7.1) при прокладке пластмассовых труб (ГОСТ 18599-83)

Наименование расчётного участка	Расход сточных вод, л/с			Диаметр пластмассовых труб, мм	Уклон труб, i	h/d при расходе			v , м/с, при расходе			
	$q_{mid.s}$	$q_{max.s}$	$q_{min.s}$			$q_{mid.s}$	$q_{max.s}$	$q_{min.s}$	$q_{mid.s}$	$q_{max.s}$	$q_{min.s}$	
Фактически												
а-б	1,157	2,9	0,44	110	0,01	0,25	0,41	0,15	0,71	0,92	0,58	
б-в	2,314	5,79	0,88	125	0,009	0,31	0,52	0,18	0,85	1,03	0,62	
в-2	3,472	8,68	1,32	160	0,006	0,3	0,51	0,19	0,78	0,96	0,6	
По существующей методике												
1-2	3,472	8,68	1,32	160	0,006	0,3	0,51	0,19	0,78	0,96	0,6	

Сравнение результатов гидравлических расчётов, приведённых в табл. 7 и 8, указывает на возможность снижения диаметров и заглублений сети за счёт укладки пластмассовых труб и *обеспечения критических скоростей* для пропуска *средних секундных расходов*. В сетях обеспечиваются лучшие гидравлические условия и уменьшается глубина заложения труб, снижаются капитальные и эксплуатационные расходы при более высокой надёжности работы сети.

Для практического применения нового подхода к проектированию водоотводящих самотечных сетей из пластмассовых труб можно воспользоваться рекомендациями, обеспечивающими работу сети с гидравлическими параметрами, близкими к оптимальным значениям. Пропуск средних, максимальных и минимальных расходов сточных вод в пластмассовых трубах можно осуществить при меньших их диаметрах, но с лучшими гидравлическими условиями. Гидравлически гладкие трубы позволяют обеспечить

незаиляющие скорости для расходов более 2 л/с с уклонами меньше рекомендуемых СНиП [16]. Если же уклон несколько увеличить, то незаиляющие скорости будут обеспечены для всех расходов. А это позволит сократить объём земляных работ (за счёт уменьшения диаметра), обеспечить стабильную эксплуатацию сети с меньшими затратами.

Рекомендации для выбора наилучших гидравлических условий устройства водоотводящей сети из пластмассовых труб для широкого диапазона расходов приведены в табл. 9.

Таблица 9

Рекомендуемые параметры для выбора наиболее рациональных технологических параметров при проектировании водоотводящей сети из пластмассовых труб (ГОСТ 18599-83)

Наименование параметров	Средний расход сточных вод $q_{mid,s}$, л/с							
	5	10	20	50	100	300	500	
Рекомендуемый диаметр труб, мм	160	180	250	355	450	630	800	
Уклон труб, i	0,006	0,005	0,005	0,004	0,004	0,003	0,0025	
Максимальный расход $q_{max,s}$, л/с	12,5	21	38	85	160	465	750	
Минимальный расход $q_{min,s}$, л/с	1,9	4,5	10	27,5	59	186	330	
Скорость движения воды, м/с, при расходе	среднем	0,86	0,95	1,13	1,28	1,51	1,94	1,81
	максимальном	1,01	1,06	1,24	1,36	1,60	2,0	1,86
	минимальном	0,65	0,78	0,97	1,1	1,35	1,78	1,67
Наполнение, h/d , при расходе	среднем	0,38	0,43	0,45	0,48	0,5	0,57	0,6
	максимальном	0,68	0,7	0,7	0,7	0,7	0,82	0,8
	минимальном	0,23	0,28	0,3	0,32	0,36	0,42	0,44

7.3. Реконструкция водоотводящих сетей при точечной застройке населённых пунктов

В современных условиях реконструкции старых сформированных кварталов с привязкой высотных зданий в кварталах с малой этажностью старой застройки, уплотнённой точечной застройки требуется грамотно отнестись и к реконструкции сопровождающих их сетей. Хотя, на первый взгляд, инфраструктура в подобных кварталах сформирована и коммуникации рассчитывать и проектировать не надо, что даёт застройщику возможность удешевить строительство. Однако это ложное мнение. В проекты реконструкции старых кварталов должны закладываться затраты на работы по проверке пропускной способности существующих сетей, обследование их на предмет целостности, изношенности, изменения гидравлических характеристик и делаются выводы о возможности их восстановления и использования.

При выполнении проекта реконструкции водоотводящих сетей необходимо обращать внимание на следующие показатели и характеристики сети:

- год заложения сети, диаметр, наполнение, уклон, материал труб, все потери напоров по длине и местные сопротивления;

- статистику по засорению данных участков сети, частоту их ремонтов, прочисток, промывок;
- расходы стоков, на которые были рассчитаны трубы при укладке, и новые расходы, которые планируется пропускать в перспективе;
- скорости и наполнения до и после реконструкции следует проверить по расходам (максимальному, среднему и минимальному).

Если намечается явное переполнение трубопроводов, следует рассматривать вопрос о замене существующих труб новыми.

Увеличение пропускной способности существующей сети особенно реально при реконструкции городов, когда малоэтажные здания заменяются зданиями повышенной этажности. *Резерв существующих водоотводящих сетей* появляется за счёт возможности увеличения наполнения до гидравлически оптимального для пропуска максимального расхода. Использование для внутреннего покрытия действующих водоотводящих сетей новых полимерных материалов позволит [9] избежать замены или перекладки сети в районах с обновлённой, высотной застройкой, а также при расширении границ города за счёт строительства новых микрорайонов. Количество дворовых выпусков во многом будет определяться местными условиями (планировкой кварталов, их размером и рельефом местности). При наличии нескольких дворовых выпусков расчётные расходы по каждому следует считать пропорционально обслуживаемым зданиям и количеству жителей в них. При присоединении домовых выпусков к дворовой сети следует учитывать рельеф местности, тем самым обеспечивая минимальные заложения сети (можно выше существующих сетей, но не наоборот), иначе новые участки будут полностью подтапливаться.

7.4. Подключение к существующей водоотводящей сети периферийных районов

Новые жилые микрорайоны располагаются, главным образом, в периферийных районах города, и в зависимости от рельефа местности весь расход из самых удалённых точек города транспортируется на очистную станцию по протяжённым сетям. Время пробега сточных вод от крайних, центральных и ближайших к очистной станции участков городской сети будет разное. Реальные коэффициенты неравномерности поступления сточных вод на очистную станцию могут значительно отличаться от их теоретических значений, выбранных по СНиП [16], поэтому их следует принимать с учётом вероятности пользования водоотводящей сетью [3].

Отвод сточных вод от периферийных районов города может осуществляться несколькими способами:

- самотёком до существующих станций очистки;
- перекачкой с возможным использованием существующих РНС и КНС, в том числе и за счёт реконструкции их под пропуск изменённых количеств сточных вод.

Если отвод сточных вод ведётся перекачкой, то **режимы работы РНС, КНС, ГКНС часто в пределах города не согласованы**. Кроме того, согласно [16, п.5.18] вместимость приёмного резервуара насосной станции назначают по минимуму, рассчитывая на 5-минутную максимальную производительность одного из насосов. Это не сокращает неравномерность поступления стоков в последующую сеть, а иногда (чаще в малых городах при неграмотном подборе насосного оборудования на ГКНС) увеличивает её, создавая неблагоприятные гидравлические условия работы сети на время сбора стока в резервуар и время отключения насосных агрегатов [52, с. 187-192].

Стабилизировать работу сети после КНС можно за счёт следующего:

- устройства резервуаров накопителей-усреднителей перед КНС. Такой приём обеспечит регулирование и равномерную подачу сточных вод насосами круглые сутки, даже при неравномерном притоке стоков;

- анализа и изменения режимов работы РНС, КНС и ГКНС, исключая наложения максимальных расходов. Для этого, вероятно, будет необходимо заменить насосное оборудование другим, с подходящими технологическими характеристиками. Стабилизация подачи расходов сточных вод на всех участках самотечной сети позволит не только повысить их пропускную способность за сутки, но и улучшить транспортирующую способность потока;

- выбора режима работы сетей с учётом размывающих донных скоростей [52, с.183-187; 53, с. 66-70] и транспортирующей способности потока.

Особенно ощутимым экономическим эффектом будут отличаться показатели станции очистки сточных вод, которые традиционно рассчитываются на максимальный часовой расход стоков. Стабилизация подачи сточных вод на очистку позволит на действующих очистных станциях повысить суточную пропускную способность на 30...40 % и одновременно улучшить качество очистки без дополнительного строительства сооружений. В конечном итоге уменьшится вероятность загрязнения водоёмов, т.к. существенно снизится концентрация загрязнений в очищенных сточных водах, выпускаемых в водоём.

7.5. Реконструкция с интенсификацией работы существующих очистных сооружений канализации

Из всех известных загрязнений водоёмов наибольшую опасность оказывают сточные воды. Анализ существующих **ОСК** подтверждает факт износа основного оборудования и конструкций до 70 - 80 %, а применяемые технологии и типовые конструкции отдельных сооружений малоэффективны из-за низкого гидравлического и технологического совершенства.

На любой из станций аэрации имеются сооружения механической, биологической очистки сточных вод и обработки осадка, а в ряде случаев осуществляется и глубокая очистка сточных вод. Очистные сооружения составляют единую технологическую цепочку, и изменение параметров

работы одного из них сказывается на работе других. Поэтому реконструкцию с интенсификацией работы ОСК следует решать комплексно.

Основными задачами интенсификации работы биологических станций являются:

- повышение их пропускной способности и эффективности работы;
- снижение капитальных и эксплуатационных затрат, в т.ч. трудоёмкости обслуживания и энергоёмкости технологического процесса;
- рациональное использование земельных площадей.

Для решения этих задач внедряются новые конструкции сооружений и технологические процессы, а также реконструируются и модифицируются действующие сооружения для очистки сточных вод.

Рост городов вынуждает ОСК, находящиеся в эксплуатации, принимать в 1,5 - 2 раза больше сточных вод, чем предусмотрено проектом. При разработке программы реформирования ЖКХ Госстроем России на модернизацию коммунальных систем предусматривается около 50 млрд долларов США, а время - более 10-15 лет. В основном эта программа и средства рассчитаны на *замену изношенных элементов* системы водоснабжения и водоотведения *аналогичными, но новыми элементами*. Такой подход к реформированию ЖКХ нельзя признать рациональным.

Технологические параметры многих объектов водоотведения уже сегодня не соответствуют проектным показателям. Анализ значительного числа факторов, влияющих на эффективность и производительность очистных сооружений во многих регионах России и других стран СНГ, позволил определить *способы повышения мощностей* существующих очистных станций за счёт *скрытых резервов*:

1) *равномерности поступления расхода и загрязнений* на очистку.

Большинство существующих ОСК принимают расходы сточных вод, в которых загрязнения заметно превышают проектные. В некоторых случаях приток сточных вод резко снизился относительно проектных величин. Характерна неудовлетворительная очистка стоков как при более высоких, так и при сниженных расходах сточных вод. В итоге выпуск очищенных сточных вод в водоёмы происходит с более высокими концентрациями загрязнений. Снижение самоочищающей способности водоёмов по причине изъятия на орошение до 30 % воды от естественного стока и сброса в них большего количества загрязнений с «очищенными» стоками ведёт к созданию критической ситуации.

Решение проблемы во многом определяется сложившимися условиями и технологическими параметрами на существующих ОСК. Рассмотрим варианты наиболее часто встречающихся ситуаций:

Вариант I. Суточный **приток** сточных вод **превышает проектные** значения, т.е. $Q_{\text{факт.}} > Q_{\text{проект.}}$; концентрация загрязнений по взвешенным веществам и БПК_{полн.} изменяется по часам суток ($L_{\text{min}} < L_{\text{проект}} < L_{\text{max}}$), и средние суточные значения концентраций превышают проектные значения. Сброс сточных вод в водоём с допустимыми концентрациями действующие ОСК

в этих случаях не обеспечивают, что неизбежно приводит к превышению ПДК в водоёмах в несколько раз.

Если решать эту проблему традиционными методами, с использованием типовых конструкций, то увеличение числа дополнительных сооружений будет пропорционально количеству увеличения сточных вод относительно расчётного расхода. Такое решение, на первый взгляд, может показаться правильным. Однако с увеличением расхода, как правило, увеличивается и приток загрязнений, тогда типовое решение может оказаться неэффективным. Главная причина – повторение расчётных расходов только несколько часов в сутки, в остальные часы суток (около 18-20 часов) расходы ниже расчётного значения в 1,5-3 и более раз. С уменьшением притоков сточных вод снижаются и концентрации загрязнений. Следовательно, в различные часы суток все типы сооружений будут работать с разной эффективностью, а поэтому на сооружения биологической очистки будут поступать сточные воды с разными объёмами и качеством. В таких случаях добиться стабильного качества очищенных сточных вод ни теоретически, ни практически невозможно, т.к. резко изменяются свойства активного ила, в том числе и иловый индекс. Единственно верным решением можно признать выполнение условия, положенного в основу всех теоретических решений, – исходные технологические параметры должны оставаться постоянными круглые сутки. Однако этого можно добиться только за счёт внедрения новых технологий, более совершенных конструкций и новых технологических приёмов, суть которых заключается в *стабилизации расходов сточных вод и концентрации загрязнений* в них. Применение традиционных типовых решений при проектировании новых или при расширении и реконструкции существующих очистных станций потребует больших капитальных и эксплуатационных затрат, но при этом качество очистки сточных вод останется на прежнем уровне. Только внедрение новых технологий и конструкций *для максимальной очистки сточных вод на стадии механической их обработки* обеспечит достижение поставленной цели в наиболее короткие сроки и с меньшими затратами.

Вариант II. Многие ОСК сегодня **принимают** на очистку сточные воды в количествах **менее проектных в 1,5-2 раза**, но на отдельные станции сточные воды поступают одновременно от нескольких канализационных насосных станций, режимы работы которых между собой не увязаны. Несмотря на общее суточное снижение притока сточных вод к КНС, размещенное в них оборудование осталось прежним, поэтому насосы работают в неоптимальном режиме. Имеются случаи, когда насосы простаивают в течение часа до 50 минут, а работают не более 10 - 15 минут. Значительная часть загрязнений оседает в водоводах, когда отсутствует движение жидкости. Поэтому концентрации загрязнений, поступающих на очистку при минимальных притоках, составляют до 45-50 мг/л. При таком количестве загрязнений можно было бы отключить часть рабочих сооружений, но уже через короткое время могут поступать максимальные расходы, которые

даже превышают проектные часовые расходы и тем более - секундные. Залповые поступления сточных вод и загрязнений нарушают работу сооружений как механической, так и биологической очистки. Поэтому и в данном случае необходимо осуществить стабилизацию подачи сточных вод и загрязнений на очистку.

Устройство усреднителей [56] в любой технологической схеме очистки городских сточных вод как на полную, так и неполную биологическую очистку при любых (больших и малых) количествах очищаемых сточных вод является необходимым элементом технологического процесса. Усреднитель-накопитель выравнивает расходы и концентрации загрязнений, его устанавливают после решёток, это позволяет применять АСУ ТП, обеспечивая стабильность работы станции.

Наличие в технологической схеме усреднителей-накопителей позволит обеспечивать надёжную работу всех типов сооружений круглые сутки при переменном притоке сточных вод и загрязнений. Выравнивание расходов и загрязнений в каждый час суток позволит ликвидировать максимальные и минимальные расходы, сооружения будут работать в постоянном режиме, обеспечивая большую суточную производительность и лучшее качество очистки, даже без увеличения числа сооружений каждого типа. При минимальном расходе средств на капитальное строительство и эксплуатацию сооружений сократится расход электроэнергии на 30-40 %. Обеспечение равномерной подачи сточных вод и концентрации загрязнений в них позволяет создать наилучшие гидравлические условия в каждом сооружении как механической, так и биологической очистки сточных вод. Всё это позволит повысить пропускную способность всей станции на величину максимального общего коэффициента неравномерности притока сточных вод.

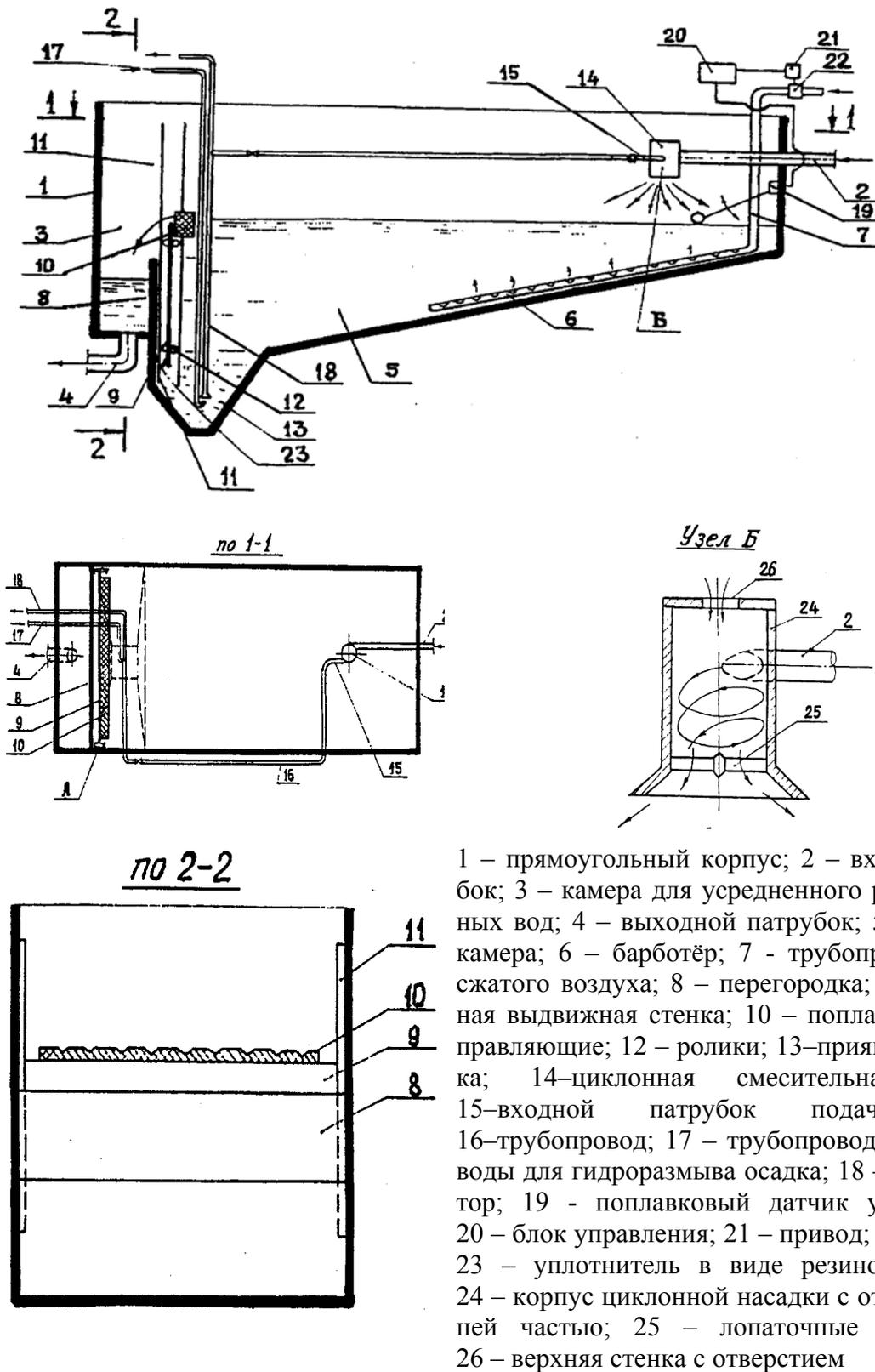
Увеличение прироста пропускной способности станций будет наиболее ощутимо при малых и средних производительностях, т.к. для этих станций превышение максимальных часовых расходов над средними часовыми составляет в 1,5– 2 раза. Следовательно, включение в технологическую схему только усреднителя–накопителя (рис. 7.2), без изменения каких-либо других технологий и конструкций, позволит увеличить пропускную способность станций в 1,5 – 2 раза, а улучшение технологических условий сточных вод обеспечит и более высокое качество очищенных сточных вод перед выпуском их в водоём.

Для повышения качества очищенных сточных вод не обойтись и без совершенствования работы всех типов сооружений и технологических процессов.

2) *улучшения гидравлических характеристик отдельных элементов очистной станции;*

3) *рационального подбора оборудования (например, насосов, компрессоров, ферм),*

4) выбор наилучшего времени движения ферм отстойников, обеспечивающих своевременный и качественный сбор и удаление осадков и илов и не приводящий к вторичным загрязнениям за счёт взмучивания осадков.



1 – прямоугольный корпус; 2 – входной патрубок; 3 – камера для усредненного расхода сточных вод; 4 – выходной патрубок; 5 - отстойная камера; 6 – барботёр; 7 - трубопровод подачи сжатого воздуха; 8 – перегородка; 9 – переливная выдвигающая стенка; 10 – поплавок; 11 – направляющие; 12 – ролики; 13–прямоук для осадка; 14–циклонная смесительная насадка; 15–входной патрубок подачи осадка; 16–трубопровод; 17 – трубопровод технической воды для гидроразмыва осадка; 18 – гидроэлеватор; 19 - поплавковый датчик уровня воды; 20 – блок управления; 21 – привод; 22 – вентиль; 23 – уплотнитель в виде резиновой полосы; 24 – корпус циклонной насадки с открытой нижней частью; 25 – лопаточные завихрители; 26 – верхняя стенка с отверстием

Рис. 7.2. Резервуар – накопитель (патент RU 2138317 C1)

При грамотной реконструкции существующих сооружений, направленной на повышение их производительности и эффективности, можно добиться на существующих площадях улучшения качества очистки.

7.5.1. Роль каждого элемента очистки во всём технологическом комплексе

С учётом многолетнего опыта наблюдений за этапами технологического процесса очистки сточных вод на разных станциях, представим результаты в виде относительной стоимости приведенных затрат (без учёта стоимости земли, на которой расположены станции очистки, и арендной платы за неё) на снижение загрязнений по основным этапам очистки сточных вод (табл. 10) [3].

Таблица 10

Относительные показатели снижения концентрации загрязнений и затраты стоимости (по приведенным затратам)

Наименование показателей	Этапы очистки сточных вод		
	механическая	биологическая	доочистка и дезинфекция
Продолжительность обработки: - процент от общих затрат времени, % - в часах	10 – 12 1,5 – 2	82 – 80 10 – 12	8 1,0
Эффект снижения концентрации загрязнений, %: - взвешенных веществ - по БПК _{полн.}	50 – 55 30 – 35	40 – 45 55 – 60	3 – 4 1 – 4
Снижение БПК _{полн.} в граммах в пересчёте на 1 человека за 1 сутки (г/(чел.·сут))	около 27	до 40 – 44	около 3
Приведенные затраты на очистку сточных вод от общей стоимости, %	10 – 15	70 – 60	20 – 25
Удельные затраты, %, на снижение 1 г БПК _{полн.} от общей суммы приведенных затрат	0,001 – 0,0015	0,0045 – 0,0038	0,018 – 0,023

Анализ данных табл. 10, обобщённых для существующих канализационных очистных станций при использовании традиционных технологий, показывает, что минимальные затраты средств на снижение 1 грамма БПК_{полн.} приходятся на сооружения механической очистки сточных вод, а наиболее высокие – на сооружения доочистки с дезинфекцией сточных вод из-за низкого вклада их в общее снижение величины БПК_{полн.} Наиболее высокий эффект снижения БПК_{полн.} дают сооружения биологической очистки, но удельные затраты на снижение 1 грамма БПК_{полн.} в них в 2,5 – 4,5 раза выше, чем в сооружениях механической очистки, т.к. обработка воды длительнее и существенны затраты на эксплуатацию.

Следовательно, для обеспечения оптимальных условий очистки городских сточных вод необходимо значительную часть снижения концентрации загрязнений как минеральных, так и органических, осуществлять

на предварительном этапе, т.е. перед биологической очисткой. При этом предпочтение следует отдавать сооружениям механической очистки.

Однако и в пределах процесса механической очистки следует оценивать потенциальную возможность каждого сооружения (решёток, песколовок и первичных отстойников) по снижению концентрации загрязнений с максимальной экономической эффективностью. Целесообразно знать достоинства и недостатки существующих конструкций, положительное и отрицательное влияние имеющихся факторов, без знания которых невозможно усовершенствовать существующие конструкции.

7.5.1.1. Последствия плохой работы решеток

В задачу работы решётки на ОСК входит задержание крупных плавающих веществ с целью предотвращения попадания их в последующие сооружения.

Опыт эксплуатации решёток в различных городах и регионах, где смонтированы решётки с прозорами 16 мм, свидетельствует о низком эффекте улавливания из сточных вод крупных загрязнений. Это можно объяснить подачей на очистку сточных вод частично или полностью насосными станциями. Поскольку в КНС задержанные на решётках отбросы дробятся до размеров частиц 8 мм, то, поступая на решётки очистной станции с прозорами более 8 мм, свободно проходят через них.

Попадание крупных взвешенных веществ в осадок песколовок приводит к повышенному содержанию в осадке органических веществ, а следовательно, более быстрому загниванию этого осадка на песковых площадках. Кроме того, наличие крупных взвешенных веществ в осадке песколовок приводит к быстрому засорению гидроэлеваторов.

Те крупные лёгкие вещества, которые плывут на поверхности канала перед песколовкой и в самой песколовке, аккумулируют на себе частички песка и, как на плоту, несут этот песок мимо песколовки в первичные отстойники, и там оседает с первичным осадком или удаляются с плавающими веществами.

В последние годы для более эффективного процеживания сточных вод нашли применение решётки с прозорами 6 мм и менее (до 2 мм). В ряде случаев вместо решёток устанавливаются решётки-дробилки марки РД, КРД, РРД и ВРД.

7.5.1.2. Последствия неудовлетворительной работы песколовок

С потоком сточной жидкости на очистные станции поступает большое количество механических примесей, преимущественно в виде минеральных веществ. Минеральные вещества сами по себе не опасны в санитарном отношении для водоёма, однако транспортировать их до водоёма через все сооружения нецелесообразно. Попаданию песка расчётной гидравлической крупности в осадок первичных отстойников способствуют режимы работы песколовок с повышенными скоростями движения в них

стоков. При этом истираются металлические части ферм при сборе осадка, содержащего песок, обтачиваются колёса центробежных насосов, а следовательно, изменяются характеристики насосного оборудования, часто засоряются трубопроводы. Если такой осадок подаётся в стабилизаторы, то сокращается рабочая зона этих сооружений, а следовательно, изменяются технологические параметры их эксплуатации, снижается их производительность. Например, в типовых метантенках осадки «закисают» и «вскипают» и это приводит к необратимым последствиям – разгерметизации ёмкостей метантанков. Такие сооружения не подлежат ремонту.

Если осадок с высоким содержанием песка подаётся на центрифуги, то также изменяются технологические параметры аппаратов за счёт истирания движущихся частей.

7.5.1.3. Последствия неудовлетворительной работы первичных отстойников

Неэффективность работы первичных отстойников связана со следующими причинами:

- √ несвоевременным сбором и удалением осадка, приводящим к загниванию осадка и вторичному загрязнению сточных вод продуктами распада органических веществ;
- √ нескорректированностью графика удаления осадка с изменениями технологического процесса, например при отключении части отстойников на ремонты и т.п.;
- √ низким коэффициентом объёмного использования за счёт несовершенства конструкции;
- √ высокими скоростями вращения фермы со скребковым механизмом;
- √ неэффективностью сбора плавающих веществ и жира с поверхности и приводит к повышению нагрузок на сооружения биологической очистки, что удорожает их эксплуатацию, а также изменяет характеристики осадка, поступающего на сооружения обработки осадка. От влажности осадка зависит доза загрузки в метантенках, нагрузка на сооружения аэробной стабилизации и иловые площадки.

7.5.1.4. Последствия неудовлетворительной работы сооружений биологической очистки

Неэффективность сооружений биологической очистки обусловлена:

- √ плохим барботажем сточных вод в аэротенках;
- √ низким содержанием кислорода в подаваемом в аэротенки воздухе;
- √ неверным подбором технологических параметров биологической очистки (доз ила в регенераторе, в аэротенке, процент регенерации, химического состава стоков по БПК, азоту и фосфору);
- √ неподдержанием биоценоза активного ила, недостаточным контролем за основными и индикаторными микроорганизмами активного ила;

- √ несоответствием процента рециркуляции ила, подаваемого в аэротенки, изменению притока сточных вод;
- √ неотрегулированными окнами илососов во вторичных отстойниках;
- √ высокими скоростями вращения фермы с илососами;
- √ несовершенством конструкции вторичных отстойников, которое приводит к выносу загрязнений из вторичных отстойников, в том числе и биогенных веществ, способствующих цветению водоёмов и ухудшению их санитарного состояния. Выпуск таких стоков в водоём без доочистки на очистной станции недопустим.

7.5.1.5. Последствия неудовлетворительной работы сооружений стабилизации осадков

Неэффективность сооружений стабилизации осадков обусловлена:

- √ изменением соотношения ила и осадка в подаваемой смеси по причине изменения параметров работы первичных отстойников и сооружений биологической очистки при неравномерном поступлении на очистку сточных вод;
- √ ведением процесса анаэробного сбраживания в типовых метантенках (двух фаз - кислой и щелочной в одной ёмкости);
- √ залповым поступлением холодного продукта на стабилизацию;
- √ отсутствием предварительного подогрева подаваемого продукта;
- √ неэффективным перемешиванием исходных продуктов с микрофлорой стабилизатора;
- √ недостатком питательной среды (витамины, микроэлементы, АТФ) для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов.

Все вышеперечисленное влечёт за собой эксплуатационные затраты, загнивание осадков на иловых площадках и непригодность их для дальнейшего использования.

7.5.2. Улучшение гидравлических характеристик отдельных элементов очистной станции сточных вод

Основная идея создания *новых элементов и конструкций* сооружений – каждое сооружение должно максимально удалять свой вид загрязнений, быть более надёжным в эксплуатации, позволять изменять параметры эксплуатации.

Сотрудниками кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения ВГАСУ разработаны новые конструкции сооружений и их элементов, позволяющие повысить производительность и эффективность их работы, снизить капитальные затраты на дополнительное строительство традиционных ёмкостей и эксплуатационные затраты на поддержание требуемых технологических режимов.

Наиболее перспективные новые технологии, которые гарантируют высокое качество *механической очистки* сточных вод:

1. Использование *решёток* с величиной *прозоров* 3 – 6 мм для повышения эффекта удаления из сточных вод крупных плавающих веществ.

Размеры частиц дроблёного мусора, задержанного на решётках КНС, составляют 7 – 8 мм, поэтому на решётках ОСК прозорами более 10 мм они практически не задерживаются и оседают в песколовках, снижая зольность осадка. Рационально использовать **новые решётки** с прозорами 6 мм и менее с учётом их усовершенствования [28] (рис. 7.3). В решётках новых конструкций [28] пластины и зубья граблей размещаются под углом 10 – 30° к продольному направлению потока воды, что повышает надёжность их работы и обеспечивает удаление из воды большего количества отбросов, снижает вероятность засорения решёток и продавливания отбросов, задержанных на решётках, через прозоры между пластинами, в том числе и нитевидных.

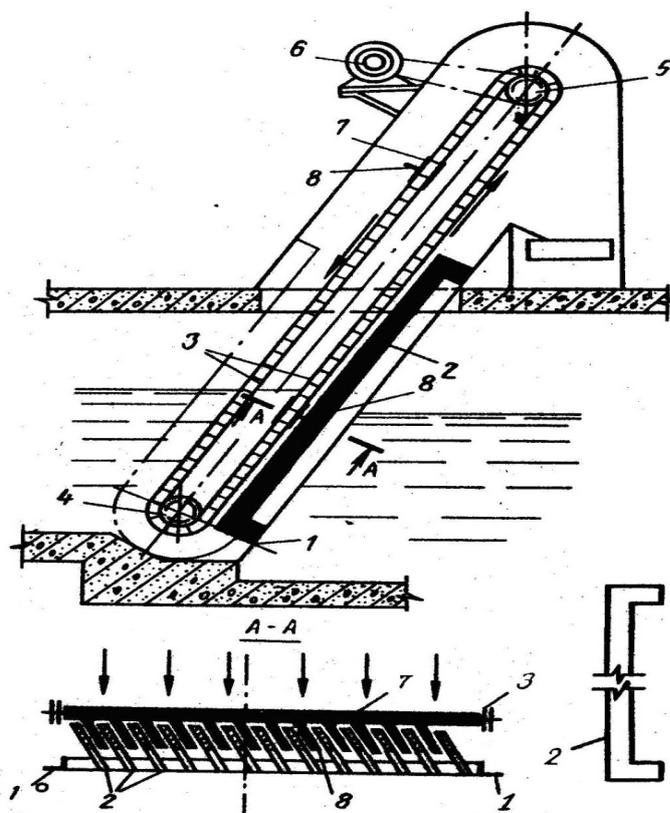


Рис.7.3. Решетка:

- 1 – рама,
- 2 – прямоугольные пластины;
- 3 – шарнирно-пластинчатая цепь;
- 4 – нижняя шестерня;
- 5 – верхняя шестерня;
- 6 – привод;
- 7 – грабли;
- 8 – зубья

Преимущества решёток с пластинами, расположенными под углом к продольному направлению потока воды:

- повышение пропускной способности на 25 – 30 % по сравнению с типовой;
- повышение в 1,5 – 2 раза эффекта задержания отбросов за счёт увеличения давления на пластины и изменения скорости движения потока на входе и выходе из прозоров пластин;
- удаление из воды нитевидных загрязнений, которое в обычных прямых решётках не происходит;
- уменьшение толщины пластин до 4 – 5 мм, что сокращает расход металла на 50 – 60 %;

- расклинивания прутьев решётки не происходит;
- существующие каналы не требуют реконструкции. Меняется только сама решётка.

2. Улучшение гидравлических условий в отстойных сооружениях (песколовках и отстойниках) за счёт:

- реконструкции существующих **песколовок** по аналогии с новейшими конструкциями [26, 60] для удаления из сточных вод полностью всего песка, в том числе и самого мелкого крупностью 0,1 мм. Песколовки включают жалюзийные решётки с дифференцированной подачей воды по глубине песколовки, а для более высокой надёжности улавливания песка по длине песколовки [60] – рис. 7.4 - размещены полочные отстойники (тонкослойные модули) с уменьшающимися расстояниями между полками (на последующих полочных отстойниках по направлению движения воды).

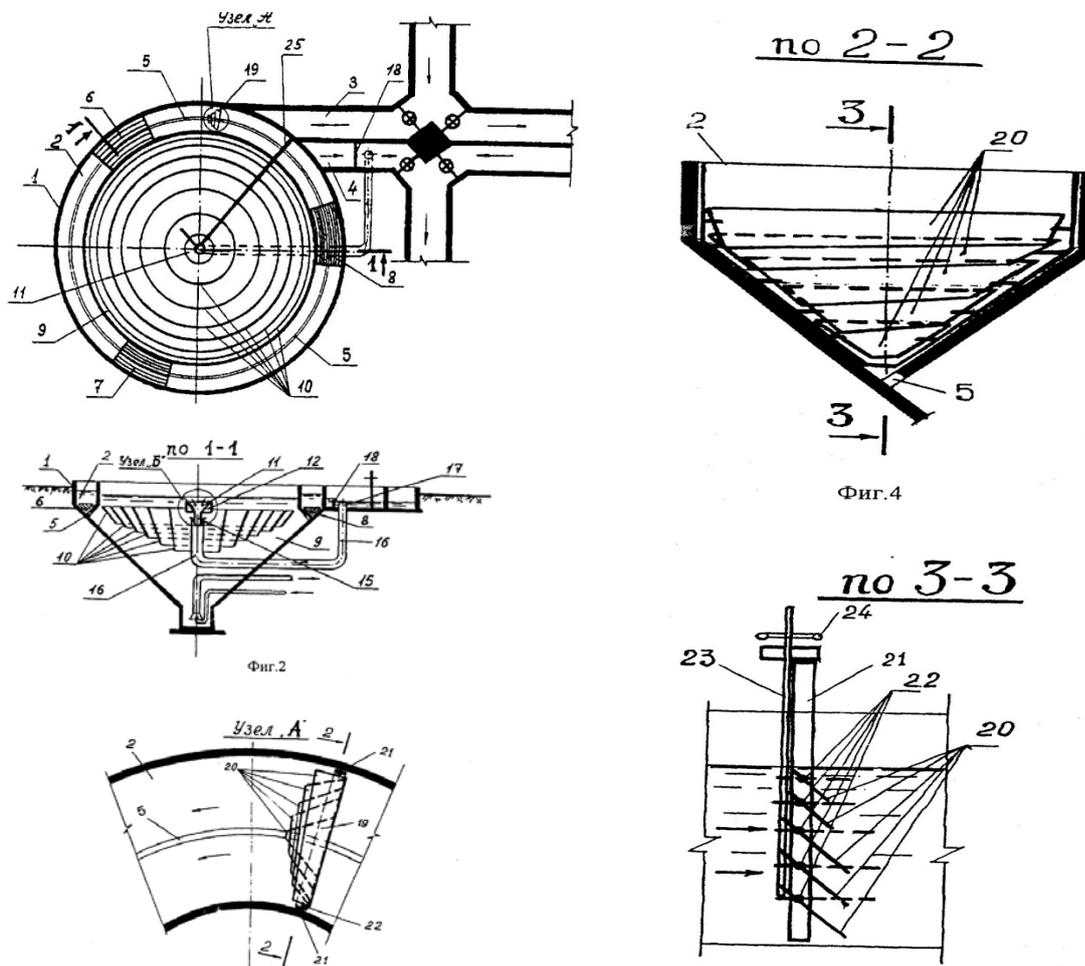


Рис. 7.4. Песколовка (патент РФ № 2174858):

- 1 – цилиндрический корпус; 2 – круговой лоток; 3 – тангенциальный подводный канал; 4 – отводящий канал; 5 – продольная щель; 6, 7, 8 – тонкослойные полочные модули; 9 – центральная коническая камера; 10 – конические обечайки; 11 – воронка; 12 – понтон телескопический; 13, 14 – патрубки с вентилями для впуска воды и воздуха; 15, 17 – патрубки; 16 – трубопровод отвода всплывающих примесей и части воды; 18 – водослив; 19 – распределитель потока; 20 – жалюзийная решётка с горизонтальными разновеликими пластинами; 21 – рама; 22 – шарниры; 23 – привод поворота; 24 – винтовая пара со штурвальной головкой

Горизонтальная песколовка с круговым движением воды отвечает требованиям высокой очистки сточных вод от песка и её отличительными признаками являются:

1) распределительное устройство на входе в песколовку в виде жалюзийной решётки, обеспечивающее дифференцированное перераспределением потока воды по глубине;

2) *тонкослойные модули с переменной высотой потока*, расположенные последовательно друг за другом по длине кольцевого лотка, позволяющие максимально удалить нерастворимые вещества с мелкими фракциями;

3) *водослив с тонкой стенкой*, установленный в конце кольцевого лотка, позволяющий измерять расход протекающей сточной воды и стабилизировать скорости потока воды в песколовке. Наличие в конце песколовки порога в виде водослива с тонкой стенкой даёт возможность сохранять необходимую глубину по длине проточной зоны, а поэтому отвод воды через каждый метр длины будет оставаться постоянным. Следовательно, по длине песколовки будет уменьшаться как расход воды, так и скорость её течения, в том числе и скорость вертикальной турбулентной пульсации;

4) *приёмная воронка в центральной части* песколовки, снабжённая устройством регулирования уровня погружения её относительно уровня воды в песколовке, соединённая дюкером с отводящим каналом после водослива. Наиболее важным технологическим приёмом является то, что при отводе части осветлённой воды через центральную приёмную воронку, к которой часть сточной воды из кольцевого лотка равномерно по длине проточной части отводится вместе с песком через продольную кольцевую щель. Направленное движение воды вниз к продольной щели совпадает с направлением скорости осаждения частиц в кольцевом лотке, что увеличивает скорость их осаждения за счёт частичного гашения скорости вертикальной турбулентной пульсации потока. Удаление воды через кольцевую щель в приёмную воронку можно регулировать с учётом технологических требований в пределах 10...30 % и более от количества воды, поступающей в песколовку. Направленный вектор скорости удаляемой воды будет оказывать положительное влияние на процесс осветления сточной воды. Вектор скорости, направленный вниз к кольцевой щели суммируется с величиной гидравлической крупности и снижает величину вертикальной турбулентной пульсации потока;

5) в центральной части песколовки *конусные тонкослойные отстойники с малой высотой полок и переменной высотой* вдоль центральной оси конусов, расположенных внутри друг друга, предотвращают вынос осевшего песка через воронку с очищенной водой.

Новое распределительное устройство обеспечивает подачу наибольшего количества сточных вод со скоростями более 0,3 м/с в зону отстаива-

ния, расположенную ближе к донной треугольной части кольцевого лотка. Наличие более высоких скоростей в донной части песколовки создаёт большие пульсации потока, что способствует хорошему отмыванию песка от органических веществ (масел, жира и др. веществ).

До первого тонкослойного модуля скорости движения воды в верхних слоях воды не превышают 0,15 – 0,2 м/с. Это способствует перемещению мелкого песка ближе к треугольной части кольцевого лотка.

В первом тонкослойном модуле с высотой 10 - 15 см между полками осаждаются крупный песок с размерами до 0,25 мм включительно. Комплекс технологических решений по улучшению гидравлических условий позволяет в песколовках нового типа при расчётной производительности задержать песок крупностью до 0,1 мм (вместо проектной величины 0,2 мм). Улавливание песка более мелких фракций позволяет в 1,5 – 2 раза увеличить объём задержанного песка в песколовках и тем самым снизить зольность осадка из первичных отстойников, повысить надёжность работы метантенков и центрифуг.

Устройство водоприёмной воронки в центре песколовки, обеспечивает высокий эффект улавливания песка за счёт более быстрого его осаждения в направленном вниз потоке части очищаемой воды. Конструктивное решение песколовки с новыми элементами позволяет в два и более раз задерживать в этих песколовках песка, по сравнению с типовыми, при равных гидравлических нагрузках на них воды. Для достижения такого же эффекта в типовых песколовках потребуется увеличить число рабочих песколовки в 2-2,5 раза по отношению к рабочему количеству.

Наличие *жалюзийной решётки* в начале песколовки обеспечивает дифференцированное распределение воды по глубине потока, создавая наиболее благоприятные условия для быстрого осаждения песка, в том числе и мелких фракций, в верхних слоях потока воды в начальной части песколовки (рис. 7.5).

Жалюзийная решётка на входе в песколовку позволяет:

- а) уменьшить габариты песколовки или количество рабочих секций (сократить длину песколовки на 30 – 70 %);
- б) повысить надёжность эксплуатации и эффективность работы;
- в) улучшить качество осадка;
- г) повысить надёжность съёма загрязнений с распределительного устройства;
- д) облегчить изменение технологических параметров;
- е) повысить эффект задержания песка.

Для станций производительностью 210 – 290 тыс. м³/сут, экономический эффект от применения жалюзийной решётки перед песколовками составил 0,77– 1,93 млн руб. в ценах 2009 г.

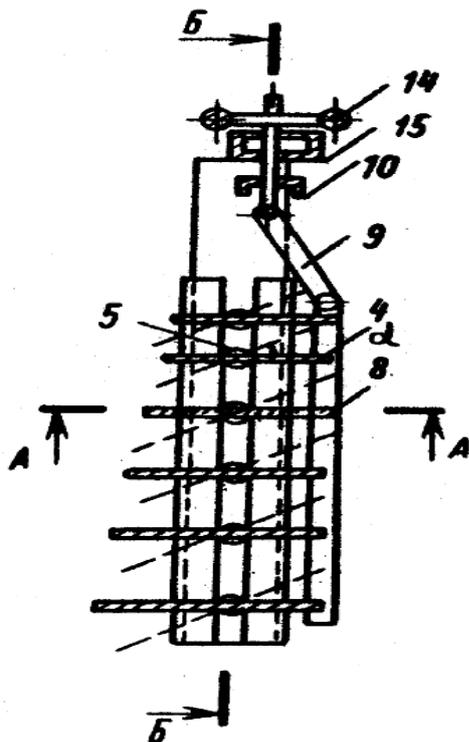
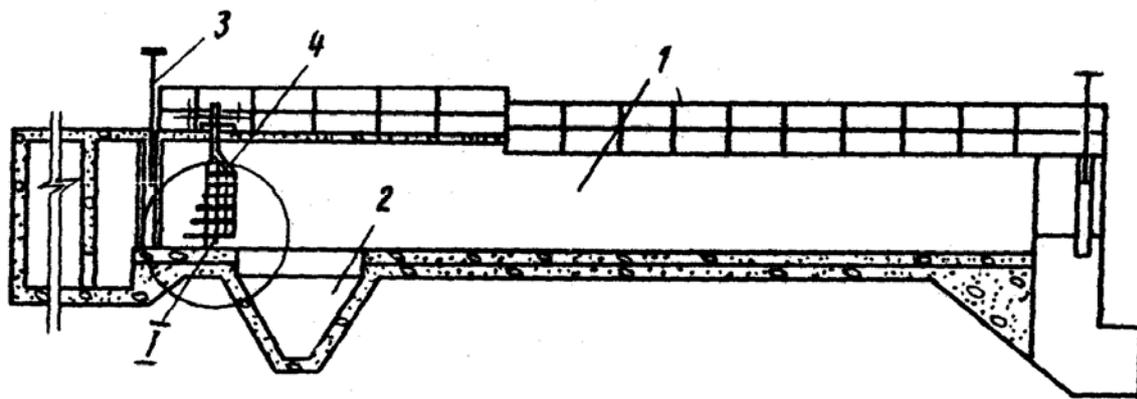


Рис. 7.5. Горизонтальная песколовка
(а. с. СССР № 1089218 [26]:

- 1 – резервуар;
- 2 – приёмный бункер;
- 3 – запорный шибер;
- 4 – пластины жалюзийной решётки;
- 5 – опорные пальцы;
- 6 – отверстие;
- 7 – рама жёсткости;
- 8 – пальцы;
- 9 – отверстия тяговых пластин;
- 10 – опорная рама;
- 11 – отверстия под шпильки;
- 12 – шпильки;
- 13 – удерживающие шайбы;
- 14 – штурвал;
- 15 – опорная рама

Если на пластины жалюзийной решётки в процессе эксплуатации произойдёт налипание ветоши и бумаги, то очистка осуществляется за счёт их поворота. Наилучший эффект снятия загрязнений осуществляется при углах поворота до 80° от горизонтального положения или на угол $90 - 110^\circ$ от рабочего положения. В результате происходит изменение траектории движения частиц по суммарному вектору, что приводит к повышению эффективности задержания песка, улучшению качества осадка и сокращения длины песколовки при равном эффекте с типовыми конструкциями.

Чтобы не происходило заклинивания нижней пластины при больших углах поворота, необходимо расстояние между нижней пластиной и дном песколовки выдерживать не менее $\frac{1}{2}$ ширины пластины.

Грядовое днище (рис. 7.6) позволяет регулировать интенсивность отмыва органических веществ от песка за счёт угла наклона колосников на $35-60^\circ$.

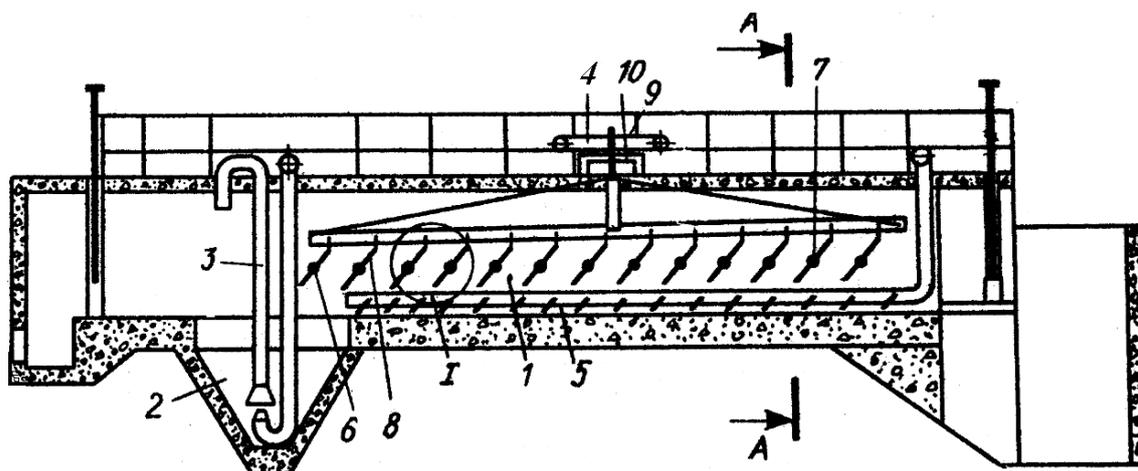


Рис. 7.6. Горизонтальная песколовка (а. с. 990684):

- 1 – проточный резервуар; 2 – приёмный бункер;
- 3 – гидроэлеватор;
- 4 – штурвал; 5 – гидромеханическая система;
- 6 – поворотные колосники грядового днища; 7 – опорные пальцы;
- 8 – пальцы; 9 – опорная рама; 10 – тяговые пластины

3. **Отстойники** имеются практически на всех станциях биологической очистки. *Интенсификация и модернизация* работы первичных отстойников может осуществляться несколькими способами:

- равномерностью распределения стоков по отдельным ёмкостям отстойников, оборудованных распределительными каналами после распределительной чаши. При реконструкции следует заменить каналы дюкерами от распределительной чаши до каждого отстойника;
- совершенствованием существующих конструкций отстойников в результате модификации и реконструкции водораспределительных и водосборных устройств, что позволит улучшить гидродинамический режим отстойников. За счёт снижения струйности потока в рабочей зоне, производительность первичного отстойника можно увеличить в **1,5** раза;
- оборудованием существующих отстойников полочными или трубчатыми вставками для создания режима тонкослойного отстаивания. Вставки позволяют увеличить пропускную способность установки в 5 – 6 раз;
- предварительной аэрацией сточных вод в сочетании с биокоагуляцией;
- интенсификацией процесса отстаивания благодаря применению различных реагентов.

В **первичных отстойниках** наилучшие гидравлические условия могут быть достигнуты за счёт *совершенствования конструктивных элементов впуска и выпуска воды*:

- *вертикальный отстойник* [59] (рис. 7.7):

элементы полочного осадителя размещены в центральной камере осветлителя. Они выполнены в виде конических обечаек с переменным углом конусности, который увеличивается к периферийной части камеры. Кроме того, элементы полочного осадителя размещены во внешней отстойной зоне. Конструкция отстойника по рис. 7.7 по сравнению с типовыми конструкциями позволяет повысить производительность на 50 – 60 % за счёт более

полного использования объёма отстойной зоны, включением в работу застойных и водоворотных зон.

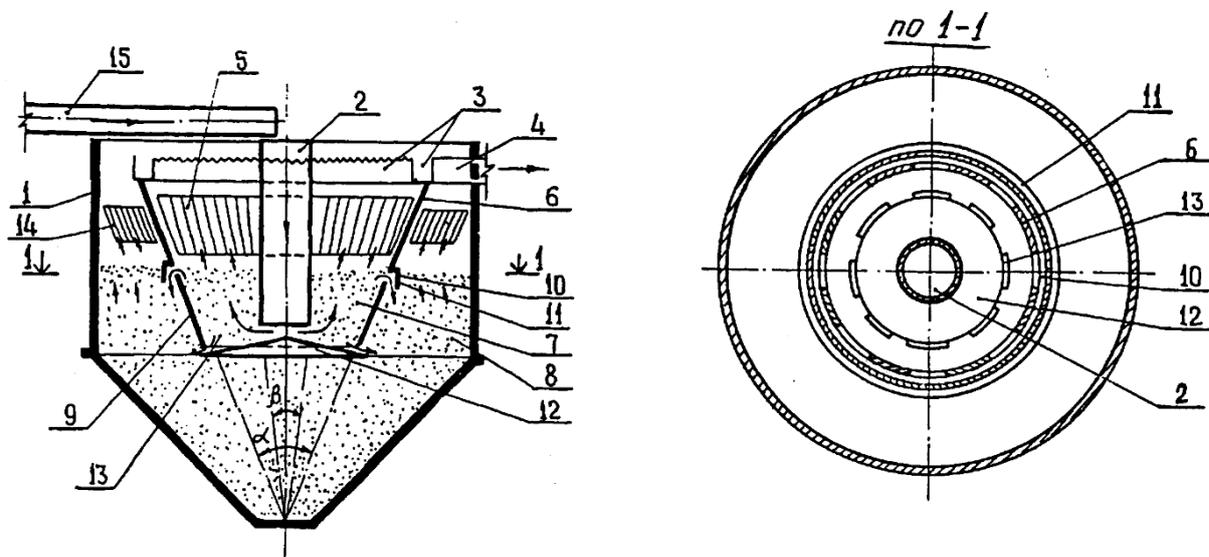


Рис. 7.7. Вертикальный отстойник (патент РФ № 2153384):

- 1 – корпус; 2 – центральная труба; 3 – сборный лоток; 4 – отводной патрубок;
- 5 – конусный полочный осадитель в виде конических обечаек; 6 – коническая стенка;
- 7 – центральная камера осветления; 8 – внешняя отстойная зона; 9 – нижняя коническая стенка; 10 – переливное окно; 11 – наружный отбойный козырёк; 12 – отражатель;
- 13 – отверстия; 14 – конический полочный осадитель;
- 15 – трубопровод поступления жидкости

До 20 – 50 % эффекта осветления повышается за счёт пропускания осветлённой воды через двойной слой грубо- и мелкодисперсной взвеси;

- *радиальный отстойник для разделения иловой смеси* [57] предназначен для трёхступенчатого отстаивания (рис. 7.8):

- 1) неполное;
- 2) на тонкослойных модулях;
- 3) в осветлителях с взвешенным слоем осадка.

Степень осветления иловой смеси повышается на 20 – 25 % благодаря установке в периферийной части резервуара камеры осветления с использованием взвешенного слоя для осветления. Эта камера обеспечивает сбор и уплотнение активного ила, снижает объём ила и энергозатраты при его подаче на рециркуляцию в аэротенк.

Радиальный отстойник для разделения иловой смеси снабжён соединёнными своими краями с боковой стенкой и дном цилиндрического резервуара дополнительной конической перегородкой с перепускными окнами, коническими полочными осадителями. Распределитель потока 3 перфорирован. Отверстия выполнены разновеликими с увеличением их к нижней части;

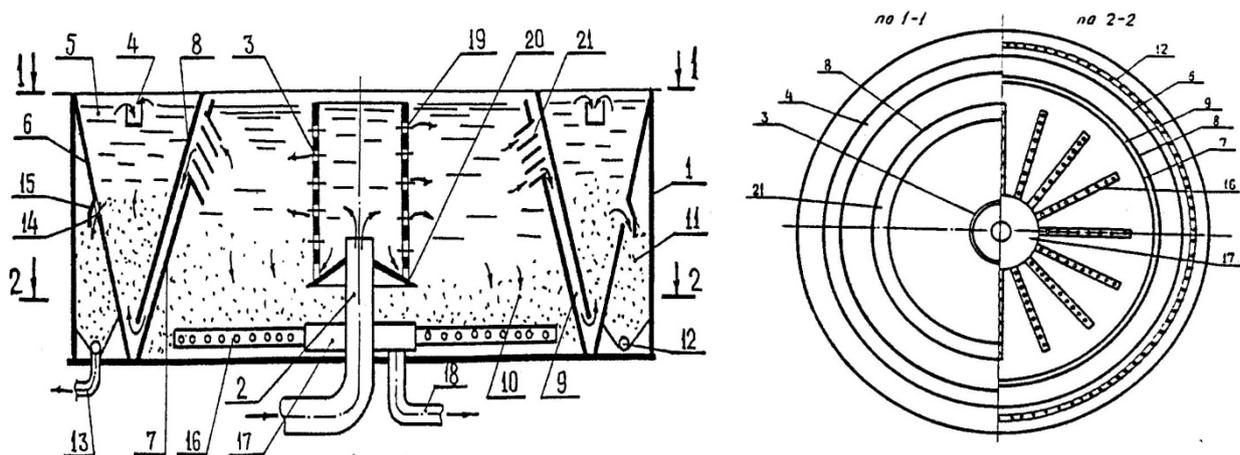


Рис. 7.8. Радиальный отстойник для разделения иловой смеси (патент РФ № 2114788):

- 1 – цилиндрический резервуар; 2 – центральная подводящая труба; 3 – распределитель потока; 4 – перфорированный водосборный лоток; 5 – камера осветления во взвешенном слое; 6 – коническая перегородка; 7 – разделительная перегородка; 8 – коническая обечайка; 9 – перепускной канал; 10 – центральная иловая камера; 11 – ёмкость для сбора активного уплотнённого ила; 12 – перфорированный коллектор для отвода ила; 13 – патрубок; 14 – перепускные окна; 15 – направляющие козырьки; 16 – радиальная перфорированная труба; 17 – центральная приёмная камера; 18 – трубопровод до илового колодца; 19 – отверстия; 20 – коническое днище; 21 – конический многополощный осадитель

- отражательный диск (а. с. СССР № 1037928) устанавливается над приямком, прикрепляется к скребкам и подводящей трубе и, перекрывая приямок, не позволяет воде из распределительного кожуха падать в шламовый приямок и размывать собранный осадок. Тем самым уменьшается влажность выгружаемого осадка и исключается вторичный вынос взвешенных веществ. Уменьшение влажности выгружаемого осадка позволит сократить объём сооружений для сбраживания и обезвоживания (рис. 7.9).

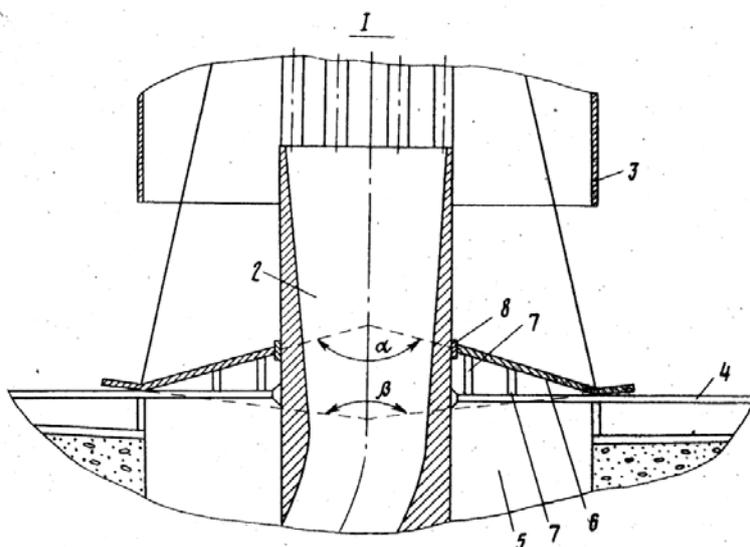


Рис. 7.9. Радиальный отстойник (а. с. СССР № 1037928):

- 2 – центральная подводящая труба; 3 – распределительный кожух; 4 – подвижный скребковый механизм; 5 – шламовый приямок; 6 – отражательная перегородка; 7 – стойки; 8 – уплотнитель

- поплавок, расположенный под отражательным диском и прикрепленный к скребковому механизму, позволяет уменьшить усилия на опорный подшипник и повысить надёжность работы отстойника (рис. 7.10).

Поплавок снабжён ниппелями для подачи воздуха и патрубками с запорными вентилями для слива воды;

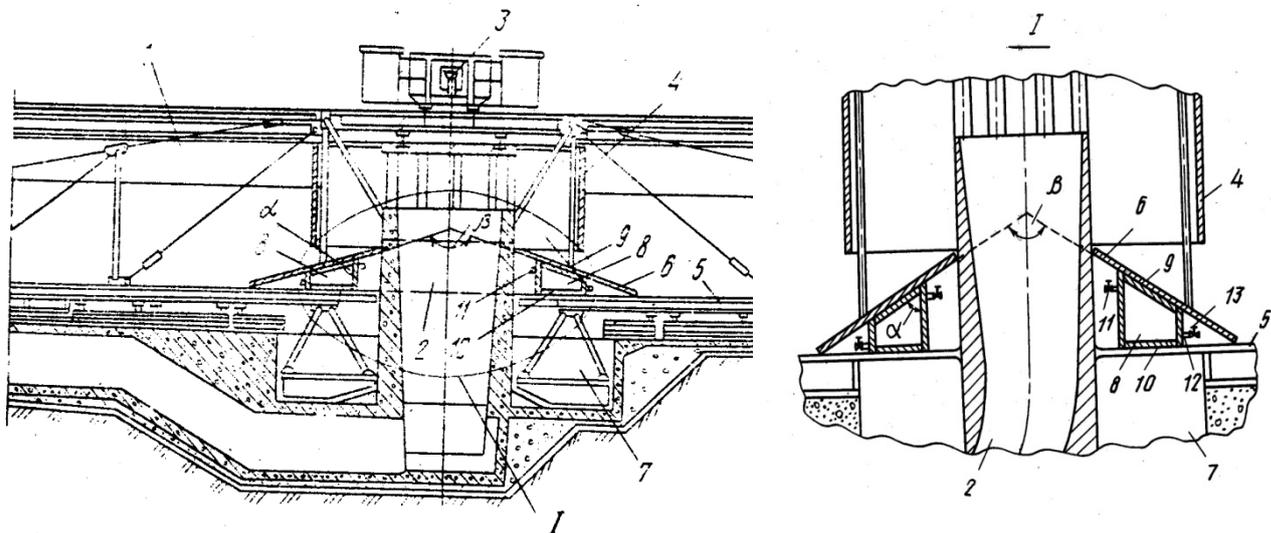


Рис. 7.10. Радиальный отстойник (а. с. СССР № 1733044):

- 1 – цилиндрический резервуар; 2 – центральная подводящая труба;
- 3 – опорный подшипник; 4 – распределительный кожух; 5 – скребковый механизм;
- 6 – отражательная перегородка; 7 – шламовый приямок; 8 – поплавок;
- 9 – усечённые трубы с герметично заглушенными верхними косыми торцами;
- 10 – нижние прямые торцы; 11 – ниппель для подачи воздуха;
- 12 – патрубок; 13 – вентиль для слива воды

- новый тип *жиросборника* (а. с. № 1288161) оборудован копиром, установленным на полупогружной стенке перед лотком. Жирогон выполнен составным в виде двух подпружиненных лопастей, установленных с возможностью радиального перемещения, и периодически контактируют с копиром. Новый жиросборник позволяет уменьшить влажность удаляемых плавающих веществ, повысить эффективность их улавливания и надёжность работы отстойника в целом;

- за счёт применения в одном сооружении *двух- или трёхстадийного осветления* сточных вод с использованием отстаивания воды при рабочей глубине, а далее при малой глубине (в полочных отстойниках) и, наконец, за счёт фильтрации воды через слой взвешенного осадка [57, 62];

- *перфорированные кожух и конус* (а. с. № 1126310) обеспечивает распределение скоростей пропорционально по глубине зоны отстаивания без образования застойных и водоворотных зон. Металлоёмкость распределительного устройства значительно ниже, а коэффициент объёмного использования увеличивается на 5 – 12 %, следовательно, повышается эффективность работы отстойников.

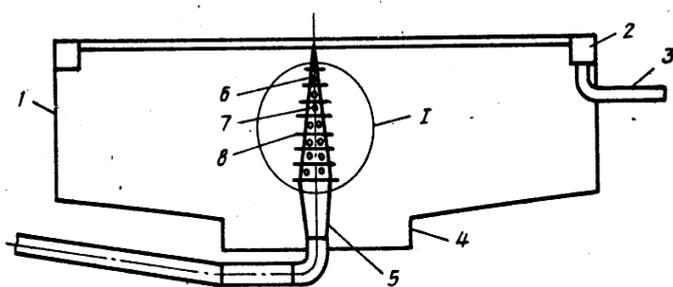


Рис. 7.11. Радиальный отстойник
(а. с. СССР № 126310):

- 1 – радиальный отстойник;
- 2 – водосборный лоток;
- 3 – отводящая труба; 4 – прямик;
- 5 – центральная подающая труба;
- 6 – коническое распределительное устройство; 7 – отверстия;
- 8 – струенаправляющие диски

Комплексное сочетание новых технологических и конструктивных решений обеспечит максимальное осветление сточных вод в первичных отстойниках, т.е. улавливание нерастворённых веществ составит до крупности частиц 30–40 мкм вместо 50–70 мкм в типовых отстойниках.

Новые более совершенные конструкции дополнительно дают возможность добиться наилучших показателей очистки сточных вод от нерастворённых веществ. Совершенствование каждого типа сооружений положительно скажется на эффективности их работы.

Последовательное многостадийное осветление воды в пределах одной конструкции отстойника обеспечивает за счёт меньшего времени обработки сточной воды более высокий эффект осветления, что очень важно для улучшения работы сооружений биологической очистки.

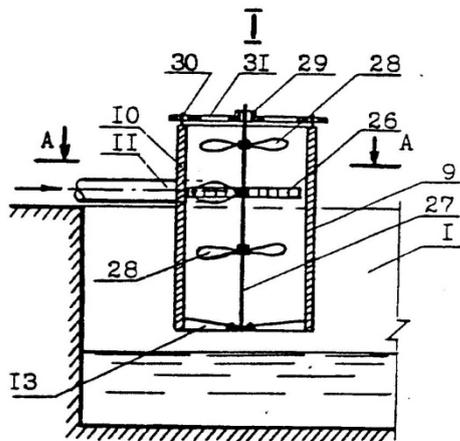
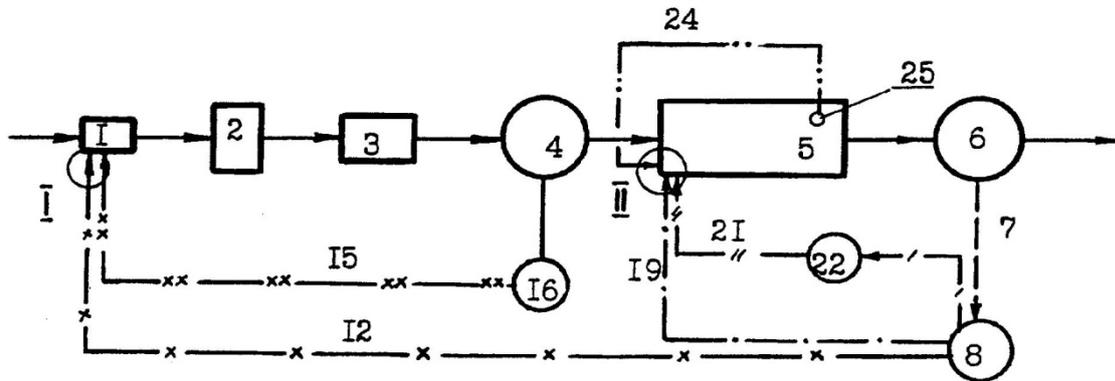
4. Повысить эффект очистки можно за счёт рециркуляции избыточного активного ила и части сырого осадка первичных отстойников, т.е. *применения биокоагуляции* без устройства биокоагуляторов [27, 58] (рис. 7.12).

Установка содержит последовательно соединённые между собой приёмную камеру 1, решётки 2, песколовки 3, первичные отстойники 4, аэротенки 5, вторичные отстойники 6. Вторичные отстойники соединены самотечным трубопроводом 7 с иловой станцией 8.

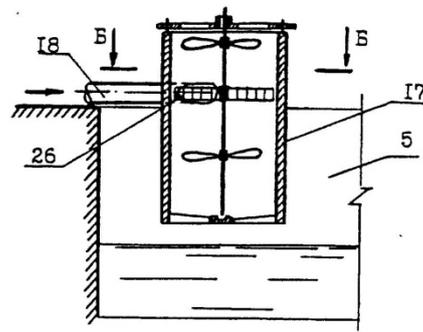
Над уровнем жидкости в приёмной камере 1 размещён смеситель 9 с воздухом в виде вертикального цилиндра 10, который снабжён двумя тангенциальными входными патрубками 11, 14, 18 и соединён с напорными трубопроводами подачи избыточного ила и сырого осадка первичных отстойников. В нижней части цилиндра установлены лопаточные завихрители 13, а на валу 27 закреплены пропеллерные лопатки 28. Вал 27 своей верхней частью укреплен во втулке 29 крышки 30 с окнами 31 для подачи атмосферного воздуха.

Установка работает следующим образом. Сточная вода поступает в приёмную камеру 1, предварительно смешивается с избыточным активным илом, поступающим с иловой станции 8 через трубопровод 12, и сырым осадком из первичных отстойников 4 через трубопровод 15 в смесителе 9 с одновременным подсосом атмосферного воздуха. После приёмной камеры смесь направляется в решётки 2, где задерживаются крупные загрязнения; поток смеси поступает самотёком в песколовки 3, в которых оседают тяжёлые механические примеси, всплывающие пузырьки воздуха флотируют мелкие органические вещества и поддерживают их во взвешенном состоя-

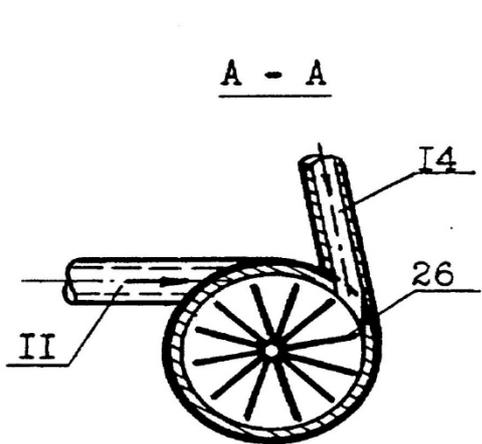
нии, улучшают качество осадка в песколовках. В первичных отстойниках из смеси выделяются хлопья и осаждаются взвешенные вещества и избыточный ил. Осветлённая сточная вода поступает на биологическую очистку в аэротенки 5.



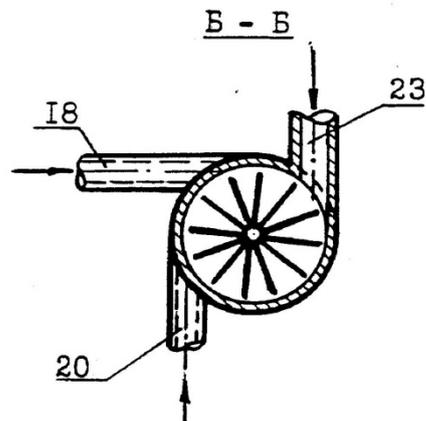
Фиг. 2



Фиг. 4



A - A



B - B

Рис. 7.12. Установка биологической очистки сточных вод [58]:

- 1 – приёмная камера; 2 – решётка; 3 – песколовка; 4 – первичный отстойник;
- 5 – аэротенк; 6 – вторичные отстойники; 7 – самотечный трубопровод ила;
- 8 – иловая насосная станция; 9, 17 – смесители; 10 – вертикальный цилиндр;
- 11, 14, 18, 20, 23 – тангенциальные патрубки; 12 – напорный трубопровод подачи избыточного ила; 13 – лопастной завихритель; 15, 21, 24 – соединительные трубопроводы;
- 16 – насосная станция сырого осадка; 19 – напорный трубопровод циркуляционного активного ила; 22 – автоклав; 25 – эрлифт; 26 – крыльчатка;
- 27 – привод вала; 28 – пропеллерные лопатки; 29 – втулка; 30 – крышка;
- 31 – окна для подачи атмосферного воздуха

Этот технологический приём позволяет повысить качество очистки сточных вод на 25 – 30 % при меньших затратах средств и материалов. Существующие биокоагуляторы не обеспечивают максимального эффекта осветления сточных вод по причине частичного разрушения сформировавшихся хлопьев в момент транспортирования сточных вод из биокоагуляторов в отстойник.

5. Гидроциклоны позволяют интенсифицировать процесс выделения взвешенных веществ из сточной жидкости за счёт использования центробежных и центростремительных сил. В потоке обрабатываемой сточной жидкости улучшается агломерация взвешенных веществ и увеличивается их гидравлическая крупность.

Во ВНИИ ВОДГЕО [10] разработан многоярусный низконапорный гидроциклон (рис. 7.13), каждый ярус которого работает самостоятельно и независимо один от другого. Используется 70 – 80 % его полезного объёма.

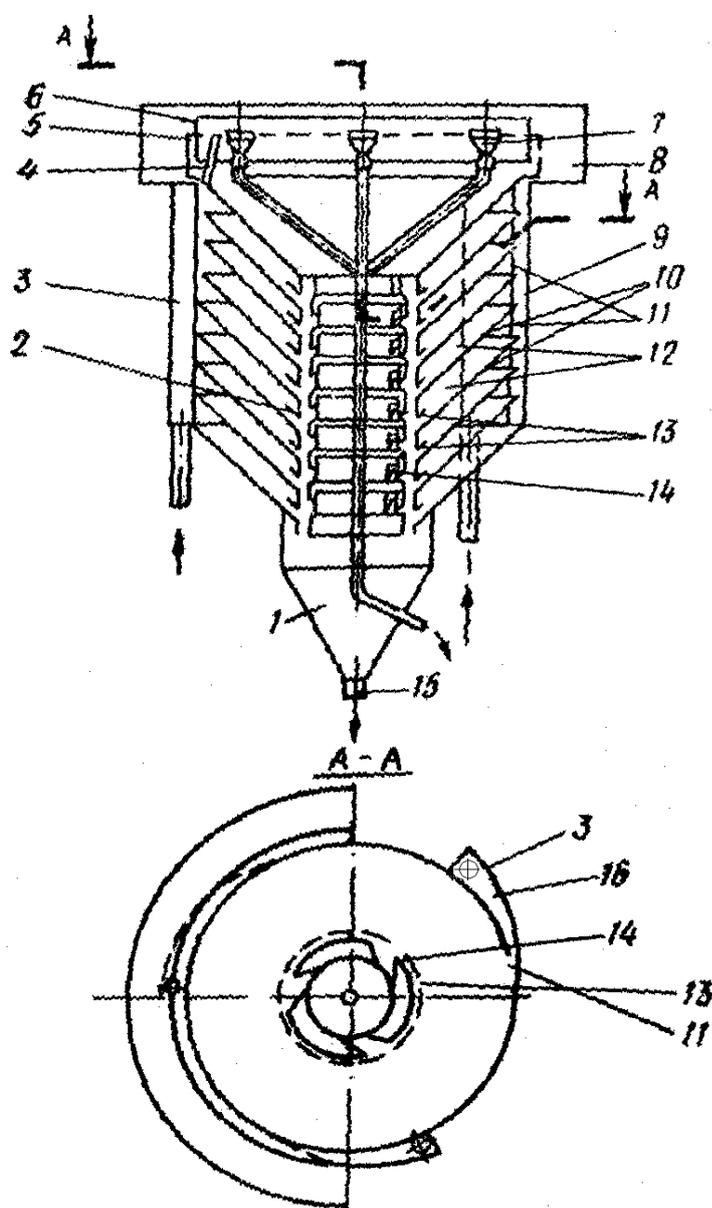


Рис.7.13. Многоярусный низконапорный гидроциклон конструкции ВНИИ ВОДГЕО:

- 1 – коническая часть корпуса;
- 2 - кольцевая шламоотводящая щель;
- 3 – аванкамера;
- 4 – маслоотводящие трубы;
- 5 - кольцевой водослив;
- 6 – кольцевой полупогружной щит;
- 7 – воронка;
- 8 – отводящий кольцевой лоток;
- 9 – цилиндрическая часть корпуса;
- 10 – коническая диафрагма;
- 11 – щели (общие для всех ярусов);
- 12 – ярусы;
- 13 – шламоудерживающие козырьки;
- 14 – тангенциальные выпуски;
- 15 – нижнее разгрузочное отверстие;
- 16 – распределительные лопатки

Применение гидроциклонов в процессе реконструкции не требует кардинальных перемен в существующих зданиях.

7.5.3. Теоретическое обоснование принимаемого решения перфорации отражателя (кожуха)

Как уже отмечалось, режим работы отстойников и их эффективность в значительной степени зависят от способа подачи воды в зону осветления, т.е. от гидравлического совершенства распределительных устройств. Более благоприятные условия для впуска воды могут быть достигнуты при применении дырчатого распределительного кожуха (отражателя). При этом положительный эффект будет достигнут в большей степени только при теоретически грамотном гидравлическом расчёте размеров отверстий и их размещении по высоте.

При рассмотрении гидравлического режима работы распределительного устройства следует иметь в виду, что каждая струя, входящая в отстойник через отверстие перфорированного кожуха, должна быть представлена как свободная турбулентная струя, имеющая угол одностороннего расширения α (рис. 7.14).

Теория свободных струй хорошо изучена и обобщена отечественными и зарубежными авторами [29]. Согласно этой теории внешние границы струи прямолинейны, а угол одностороннего расширения на основном участке струи является величиной постоянной и мало зависит от конструкции сопла и изменяется в пределах $18...20^\circ$.

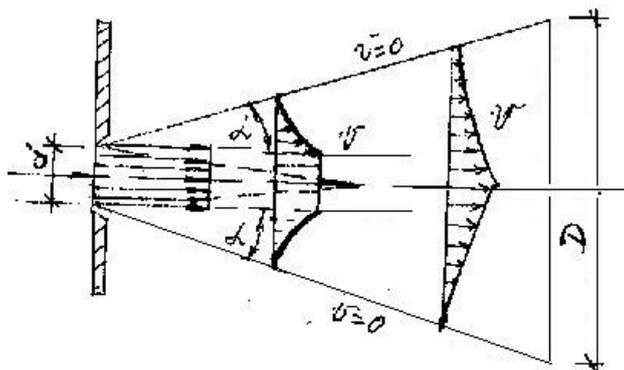


Рис. 7.14. Схема одиночной свободной турбулентной струи

Струи, выходящие из отдельных отверстий перфорированного кожуха, взаимодействуют между собой так, что они сначала разливаются как свободные, но на некотором расстоянии от отверстий начинают постепенно стеснять одна другую, а дальше сливаются в один общий поток (рис. 7.15).

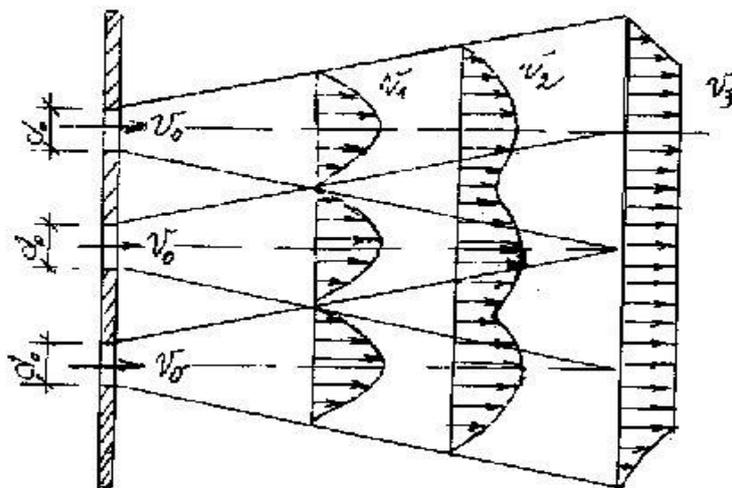


Рис. 7.15. Схема растекания группы струй за перфорированной перегородкой

Слияние потоков, вытекающих из решёток с отверстиями, рассматривалось авторами трудов [34, 63]. В.И. Полушкин исследовал решётку с относительным шагом отверстий $d_m/d_0=1,7 - 2,52$; причём отверстия располагались в вершинах равных квадратов с площадью $f_m=F/n$. Здесь F – габаритная площадь решётки; n – число равновеликих квадратов. При исследовании ставилась задача определения диаметров отверстий, их количества и величины шага отверстий. Эта задача решалась на основе аэродинамической схемы слияния группы струй, аналогичной схеме, показанной на рис. 7.16, а.

По данным В.И. Полушкина, длина участка формирования струи может быть определена формулой

$$X_1 = 0,85 \cdot K \cdot d_m, \quad (7.1)$$

а скорость течения воды в сечении, расположенном на расстоянии X_1 от отверстий:

$$v_{X_1} = v_0 \cdot C, \quad (7.2)$$

где v_0 – расчётная скорость истечения воды из отверстий;

C – величина, определяемая по формуле

$$C = \frac{6,2 \cdot d_0 \cdot \sqrt{\mu}}{X_1}, \quad (7.3)$$

μ – коэффициент расхода отверстия ($\mu=0,67$).

Недостатком данного метода является нерациональное распределение отверстий в перфорированной перегородке, т.к. при слиянии струй вода распределяется не по всему сечению и объёму отстойной зоны, что приводит к увеличению скоростей в этом сечении. По схеме расположения отверстий, исследованной В.И. Полушкиным, общая площадь, не занятая струями, в месте их слияния, определяется по формуле

$$F = n \cdot D^2 \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \approx 0,215, \quad (7.4)$$

где D^2 – площадь квадрата со стороной, равной диаметру вписанного круга;

n – общее количество отверстий в решетке.

Площадь в месте слияния струй, занятая ими, примерно на 20 % меньше площади всего рассматриваемого сечения, а поэтому скорость в этом сечении будет больше расчётной.

С учётом перечисленных недостатков в перфорированной перегородке Г.А. Васильев [34] предлагает располагать отверстия в шахматном порядке. Это даёт возможность уменьшить пассивную площадь между растекающимися струями. Схема расположения отверстий и площадей растекания представлена на рис. 7.16, б. Связь между диаметром отверстий и углом расширения струи можно представить в виде

$$d_0 = D - 2X_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (7.5)$$

или, учитывая, что величина угла расширения струи равны 19° , можно преобразовать

$$d_0 = D - 0,335 \cdot X_1. \quad (7.6)$$

Отсюда

$$X_1 \approx 3 \cdot (D - d_0). \quad (7.7)$$

Полную площадь дырчатой перегородки, а следовательно и площадь живого сечения в месте слияния струй, с учётом площади расширяющейся струи F_D , можно представить в виде

$$F = K_1 K_2 \cdot F_D, \quad (7.8)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий площадь между кругами расширяющихся струй $K_1=1,1$; учитывает, что 10 % площади сечения отстойника не занята растекающимися струями;

K_2 – коэффициент, учитывающий отсутствие отверстий в нижней части перегородки.

Согласно этому методу [34] шаг отверстий может быть вычислен по формуле

$$B = 2 \cdot h = 2 \cdot \sqrt{D^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} = 1,73 \cdot D. \quad (7.9)$$

Этот метод расположения отверстий не обеспечивает заметных улучшений распределения воды в площади поперечного сечения отстойной зоны.

Для обеспечения перфорированной перегородкой равномерного распределения воды по площади поперечного сечения отстойника В.Д. Журавлевым [43] предложена новая схема расположения отверстий (рис. 7.16, в).

По данной методике предложено шаг расположения отверстий в шахматном порядке подбирать из условия полного перекрытия струями друг друга в месте их слияния.

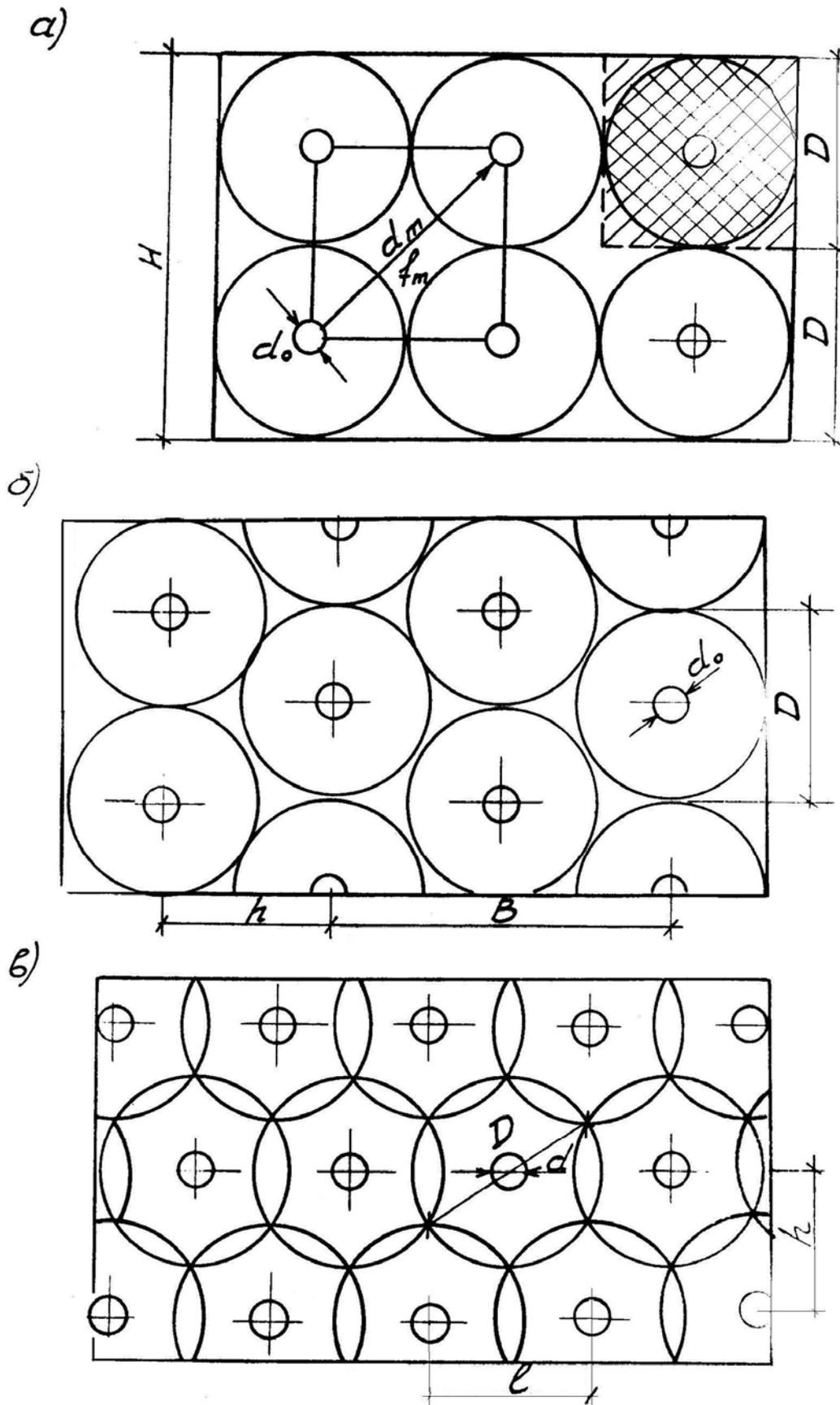


Рис. 7.16. Схемы размещения отверстий в перфорированной перегородке:
 а) по методу В.И. Полушкина;
 б) по методу Г.А. Васильева;
 в) по методу В.Д. Журавлева

При таком размещении отверстий в перфорированной перегородке, из чисто геометрических соображений, следует принимать следующие соотношения между основными геометрическими размерами:

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2} \ell; \quad \ell = \frac{\sqrt{3}}{2} D; \quad h = \frac{3}{4} D, \quad (7.10)$$

где h – расстояние между рядами отверстий по вертикали;

ℓ – расстояние между отверстиями в горизонтальном ряду.

Предложенная [43] схема расположения отверстий в распределительной перегородке (кожухе) способствует выравниванию потоков по радиусам и позволяет перераспределить потоки по глубине отстойной зоны. Поэтому эту схему размещения отверстий авторы [43] рекомендовали для практического использования.

7.5.4. Условия применения новых конструкций сооружений

Правильный выбор новых технологий и конструктивных решений обеспечивает высокое качество очистки при реконструкции технологической схемы обработки сточных вод.

Усреднители целесообразно включать в любую технологическую схему независимо от пропускной способности станции при значительных колебаниях притока сточных вод и загрязнений в них.

Если усреднитель устраивается на ГКНС, то расчёт всех ёмкостей технологической цепочки следует рассчитывать на средний расход, а на ГКНС предусматривать взмучивание сточных вод, чтобы поддерживать загрязнения во взвешенном состоянии.

Если усреднители устраиваются непосредственно на очистной станции, то их устанавливают в технологической цепочке за решётками или песколовками. Взмучивание сточных вод удобно осуществлять аэрацией, т.к. воздухоподводящая станция расположена на той же территории и реконструкция не требует больших затрат.

Решётки и песколовки новых конструкций также необходимо включать в технологические схемы всех очистных станций, т.к. их преимущества перед типовыми сооружениями очевидны и не вызывают сомнений. Тип конструкции следует выбирать по результатам анализа технологических параметров самих сооружений и выбранной схемы очистки.

Некоторые исключения могут составлять *первичные отстойники*. Количество стадий осветления сточной воды будет зависеть от начальной концентрации взвешенных веществ, поступающих со сточной водой в первичные отстойники (табл. 11). Эффекты каждой стадии суммируются. Эффект ярусного отстойника можно принять 50 – 55 %; осветления во взвешенном слое осадка – ещё 50 %. Общий эффект всех стадий отстаивания может достичь 75 – 80 %. На биологическую очистку будет поступать

сточная вода с загрязнениями, не превышающими 50 – 70 мкм, что благоприятно скажется на биологических процессах.

Таблица 11

Рекомендуемые технологические стадии осветления сточной воды
в отстойниках новых конструкций

Наименование стадий осветления воды	Концентрация взвешенных веществ в исходной сточной воде, мг/л		
	$K_0 < 150$	$K_0 \leq 200$	$K_0 > 200$
Отстаивание при рабочей глубине $H_{\text{раб}}$	+	+	+
Отстаивание в тонком слое (в ярусных отстойниках)	–	+	+
Осветление в слое взвешенного осадка	–	–	+

Выбор сооружений *биологической очистки* (биофильтров, аэротенков, вторичных отстойников) будет, с одной стороны, обуславливаться конструктивными и технологическими изменениями в цехе механической очистки, а с другой - новыми нормативными требованиями к качеству очистки сточных вод перед сбросом их в водоёмы. Если биологическая очистка не в силах обеспечить требуемые нормативы, следует предусматривать блок доочистки.

Состав *блока доочистки*, в свою очередь, зависит от технологических характеристик очищенных сточных вод после биологической очистки и требуемой степени очистки. Обычно подбор сооружений осуществляют с учётом эффектов очистки на каждой стадии доочистки. Если применяются традиционные сооружения, то эффекты их очистки принимаются по СНиП [16, табл. 52, 53]. Если принимаются инновационные решения, то эффект следует учитывать по паспортным показателям.

Для обработки осадков необходимо выбирать стабилизацию осадков в *метантенках*, если эффект задержания осадка в первичных отстойниках высокий, а прирост активного ила маленький.

Аэробные стабилизаторы в схеме станции появятся только в случае больших приростов активного ила и малых количеств первичных осадков. Но такое решение будет сопровождать станцию с заведомо низким эффектом работы первичных отстойников или же их отсутствием в общей схеме очистки сточных вод.

В любом случае для стабилизации осадков целесообразно выбирать современные конструкции ёмкостей и подбирать технологические параметры с учётом предлагаемой методики [18].

7.5.5. Улучшение при реконструкции параметров стабилизации осадков в аэробных и анаэробных условиях

Осадки на станции аэрации составляют 0,5 - 1,5 % от количества обрабатываемых сточных вод, но их стабилизация требует огромных средств,

которые соизмеримы с затратами на весь комплекс очистки сточных вод тех же станций.

Причиной высоких затрат на стабилизацию осадков является низкая производительность типовых конструкций сооружений и нерациональный выбор технологии.

Анализ эксплуатационных данных традиционных одноступенчатых *метантанков* даёт основание констатировать факт частых нарушений в их работе, особенно на станциях малой и средней производительности.

Простота конструктивных решений *аэробных стабилизаторов* и стабильность протекающих в них процессов (на станциях пропускной способностью до 50 тыс. м³/сут) выводит их в число приоритетных вариантов обработки осадков. Недостатком этих сооружений являются значительные энергозатраты на подачу воздуха и необходимость обеззараживания стабилизированного продукта, т.к. яйца гельминтов в них не погибают.

Анализ влияния качественного состава исходных продуктов на процесс стабилизации показал неэффективность совместной обработки сырого осадка и активного ила как в метантенках, так и в аэробных стабилизаторах. Поэтому выбор оптимальной технологии стабилизации осадков и её рабочих параметров при реконструкции станций актуален.

Повторяющиеся *недостатки*, которые отрицательно влияют на производительность сооружений стабилизации и на качество конечного продукта, - *конструктивные; технологические*, преимущества того или иного типа стабилизаторов и пути их интенсификации сведены в табл. 12 и 13. Предложены возможные пути интенсификации процессов стабилизации осадков и конструктивного усовершенствования типовых метантенков и аэробных стабилизаторов. По результатам многофакторных исследований автором (совместно с сотрудниками кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения ВГАСУ) разработаны новые высокоэффективные конструкции метантенков и аэробных стабилизаторов, найдены для них технологические параметры эксплуатации, позволяющие интенсифицировать процесс стабилизации и обеспечить повышение влагоотдающих свойств осадков. Кроме того, скорректированы методы их расчёта [18].

Разделение кислой и щелочной фазы брожения по разным ёмкостям реализовано в конструкции, защищённой а. с. СССР № 1390198 (рис. 7.17).

Снижение энергозатрат на обработку осадка достигается за счёт сокращения теплопотерь в окружающую среду и повышения производительности метантенка стимулированием в нём процесса сбраживания и обеспечения наилучших условий для микроорганизмов. Традиционная ёмкость метантенка разделена на три отсека: центральный – для кислого, основной – для метанового (щелочного) и периферийный - для уплотнения сброженного продукта. Метантенк снабжён газораспределительными устройствами перемешивания осадка, расположенными в камерах метанового и кислого брожения. Патрубки для отвода газа через компрессоры соединены с газораспределительными устройствами перемешивания осадка.

Недостатки и преимущества типовых метантенков и пути их реконструкции

Недостатки		Преимущество перед аэробной стабилизацией	Возможные элементы реконструкции
конструктивные	технологические		
<p>В одном объёме протекают обе фазы брожения (кислое и щелочное – метановое, которое длится в 14-15 раз дольше кислого).</p> <p>Отсутствие в составе сооружений буферных ёмкостей для усреднения смеси сырого осадка и избыточного ила и осуществления постоянной загрузки малыми дозами.</p> <p>Отсутствие предварительного подогрева осадка.</p> <p>Не предусмотрено уплотнение стабилизированного продукта в пределах самих сооружений, что требует значительных затрат на их строительство и эксплуатацию</p>	<p>Неравномерная подача холодного осадка и ила в зону сбраживания, замедляющая процесс брожения.</p> <p>Залповые поступления сырого осадка приводят к «закисанию» стабилизируемого продукта.</p> <p>Отсутствие автоматического контроля качества поступающего и выгружаемого осадка.</p> <p>Низкий эффект смешивания поступающего осадка и анаэробной микрофлоры замедляет процесс глубокого сбраживания.</p> <p>Изменения технологических параметров сооружений механической очистки требуют корректировки технологии сбраживания, что выполняется крайне редко</p>	<p>Не требует подачи воздуха и сокращает значительно затраты на электроэнергию.</p> <p>Получаемый газ – метан можно использовать на собственные нужды станции</p>	<p>Разделение кислой и щелочной фаз сбраживания по отдельным ёмкостям.</p> <p>Ввод новых элементов, например <i>накопителя</i> с нагревом и перемешиванием исходного осадка, <i>автоклава</i> для получения стимулирующих добавок и уменьшения энергетических и тепловых затрат.</p> <p><i>Секционирование</i> ёмкости щелочного брожения.</p> <p>Многokратная рециркуляция стабилизированного продукта и биогаза.</p> <p>Уплотнение осадка на завершающей стадии внутри метантенка и отвод иловой воды в зоны денитрификации сооружений биологической очистки сточных вод</p>

Недостатки и преимущества типовых аэробных стабилизаторов и пути их реконструкции

Недостатки		Преимущество перед анаэробной стабилизацией (метантенками)	Возможные элементы реконструкции
конструктивные	технологические		
<p>Отсутствие в составе сооружений буферных ёмкостей для усреднения смеси сырого осадка и избыточного ила и осуществления постоянной загрузки малыми дозами.</p> <p>Отсутствие предварительного подогрева осадка.</p> <p>Не предусмотрено уплотнение стабилизированного продукта в пределах самих сооружений</p>	<p>В начале сооружений низкая концентрация аэробной микрофлоры. Не эффективно используется кислород воздуха для создания оптимальных условий.</p> <p>Залповые поступления сырого осадка резко тормозят процесс стабилизации и даже вызывают гибель части аэробного ила</p>	<p>Простота конструкции и эксплуатации.</p> <p>Отсутствие взрывоопасности и зловонных запахов, даже при высокой стоимости затрат на электроэнергию, позволяет широко применять аэробные стабилизаторы</p>	<p>Подача ила на аэробную стабилизацию после напорных гидроциклонов.</p> <p>Смешивание поступающих и стабилизированных продуктов на входе в сооружение.</p> <p>Дифференцированная подача сжатого воздуха по длине и рециркуляция аэробной микрофлоры внутри сооружения.</p> <p>Сгущение стабилизированного продукта в конце стабилизатора</p>

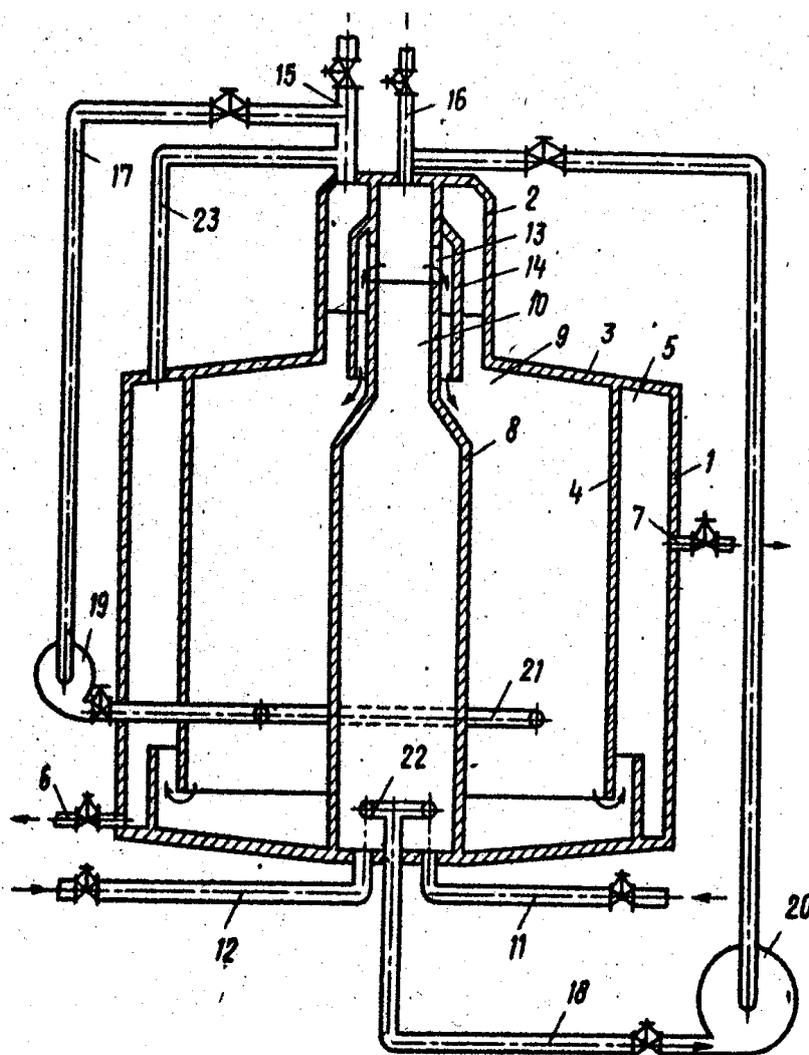


Рис. 7.17. Метантенк
(а. с. СССР № 1390198):

- 1 – герметичный резервуар;
- 2 – горловина;
- 3 – перекрытие; 4, 8 - разделительная перегородка;
- 5 – наружная камера уплотнения сброженного осадка;
- 6 и 7 – трубопроводы отвода уплотнённого сброженного осадка и иловой воды;
- 9 – внешняя камера метанового брожения; 10 – центральная камера кислого брожения;
- 11 – трубопровод подачи исходного осадка; 12 – паропровод; 13 – окна; 14 – защитный кожух;
- 15, 16 – патрубки отвода газов кислого и метанового брожения; 17, 18 – трубопроводы отвода газа;
- 19, 20 – компрессоры;
- 21, 22 – газораспределительные устройства

Объём метантенка рекомендуется находить по формуле (7.11) или с рециркуляцией стабилизированного продукта - (7.11, а):

$$W_{мет.} = \frac{M_{общ.} \cdot 100}{D_{mt}}, M^3, \quad (7.11)$$

$$W_{мет.} = \frac{M_{общ.} \cdot 100 \cdot (1 + R_{st})}{D_{mt}}, M^3, \quad (7.11, а)$$

где D_{mt} – общая суточная доза загрузки в процентах, находится по табл. 14.

По формуле (7.12) находим дозу загрузки беззольного вещества:

$$D_{бз.} = \frac{M_{бз.} \cdot 1000}{W_{мет.}}, \text{ кг} / (\text{м}^3 \cdot \text{сут}) \quad (7.12)$$

Затем по графикам рис. 7.18 и 7.19, зная значение $D_{бз.}$ и соотношение «ил-осадок», следует определить степень брожения органических веществ в метантенке – R_r .

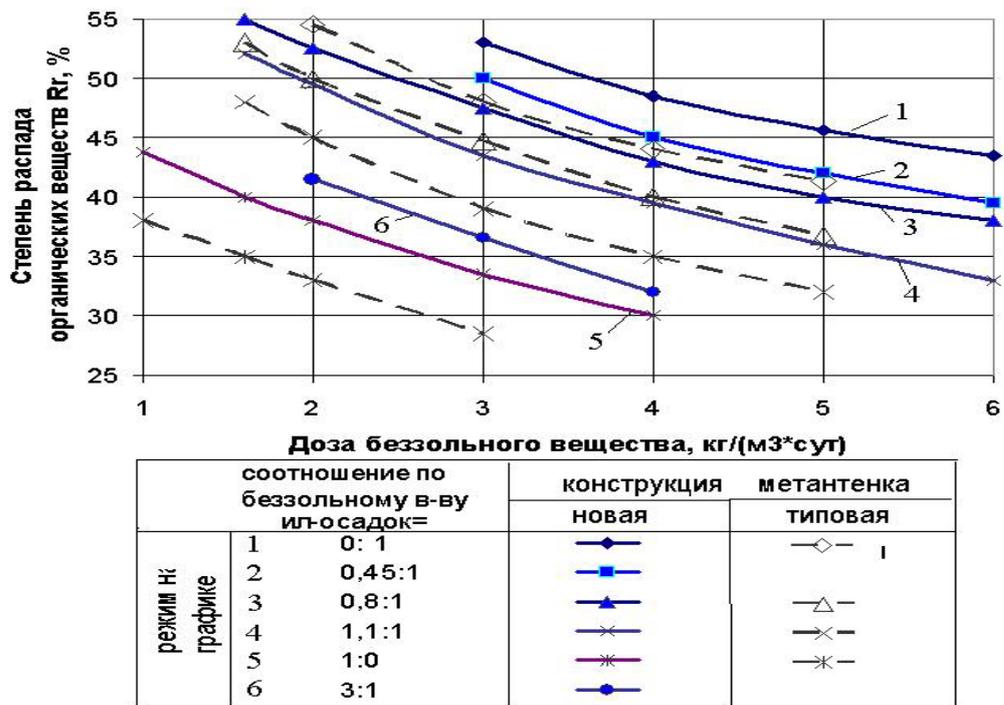


Рис. 7.18. Степень распада органических веществ в метантенках в зависимости от дозы загрузки и мезофильного режима щелочной фазы:
 ----- – типовый проект; _____ - разделение фаз брожения

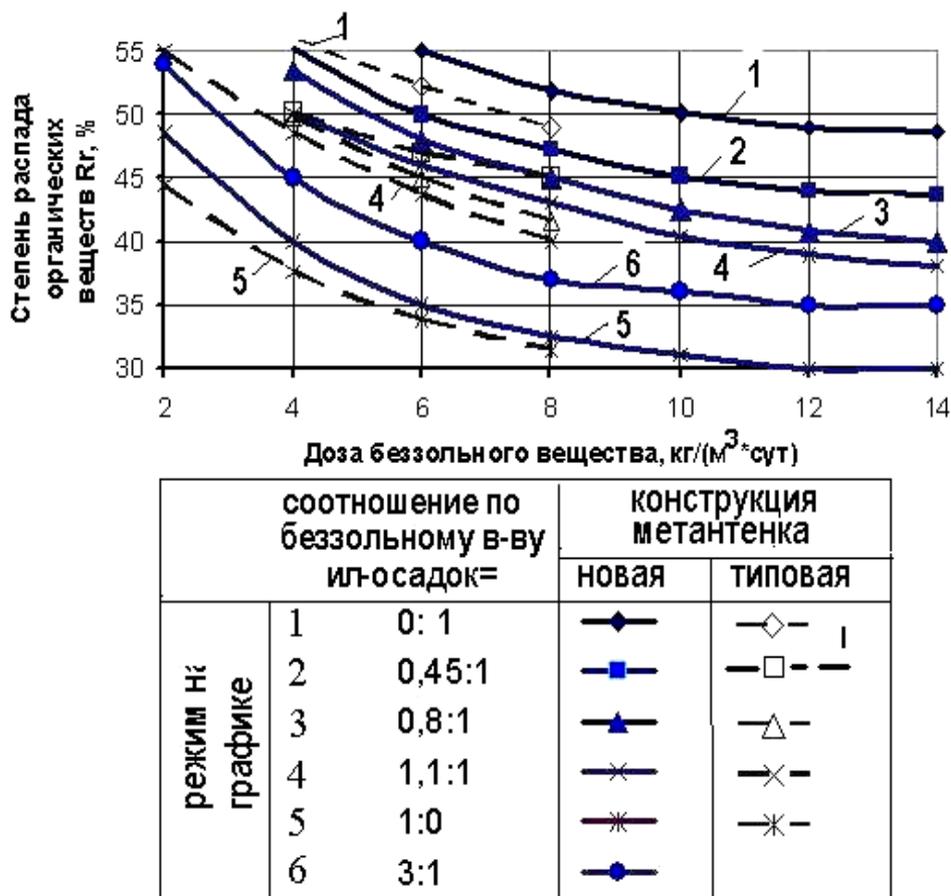


Рис. 7.19. Степень распада органических веществ в метантенках в зависимости от дозы загрузки и термофильного режима щелочной фазы:
 ----- – типовый проект; _____ – разделение фаз брожения

Рекомендуемые дозы загрузки по объёму метантенков
в зависимости от их типа и режима сбраживания

Тип метантенка	Режим сбраживания	Общая суточная доза загрузки в процентах, D_{mt} , при влажности				
		93	94	95	96	97
Одноступенчатый без разделения фаз брожения	Мезофильный [16]	7	8	8	9	10
	Термофильный [16]	14	16	17	18	19
С разделением фаз сбраживания в независимых сооружениях (при числе секций в щелочной фазе не менее 2) с рециркуляцией стабилизированного продукта	Мезофильный [18]	8,8	9,5	10,5	12,0	13,0
	Термофильный [18]	17,5	19,0	21,0	24	26
	Кислая фаза - термофильный, щелочная - мезофильный	9	10,2	11,0	12,5	14,0
С разделением фаз сбраживания в независимых многоступенчатых сооружениях, с рециркуляцией стабилизированного продукта и биогаза, вводом стимулирующих добавок	Мезофильный [18]	9,5	10,3	11,2	12,3	13,6
	Термофильный [18]	19	20,5	22,5	25,0	27,0
	Кислая фаза - термофильный, щелочная - мезофильный	10	11	12,5	14,0	16

Наиболее эффективным является выбор термофильного режима сбраживания в кислой фазе. Так как при термофильном режиме сбраживания погибает 99,9 % яиц гельминтов, тем самым обеспечивается обеззараживание осадка. Во второй фазе сбраживания, если позволяют условия, лучше принимать мезофильный температурный режим. Так как после мезофильного брожения стабилизированный продукт отдаёт влагу лучше, чем после термофильного режима сбраживания.

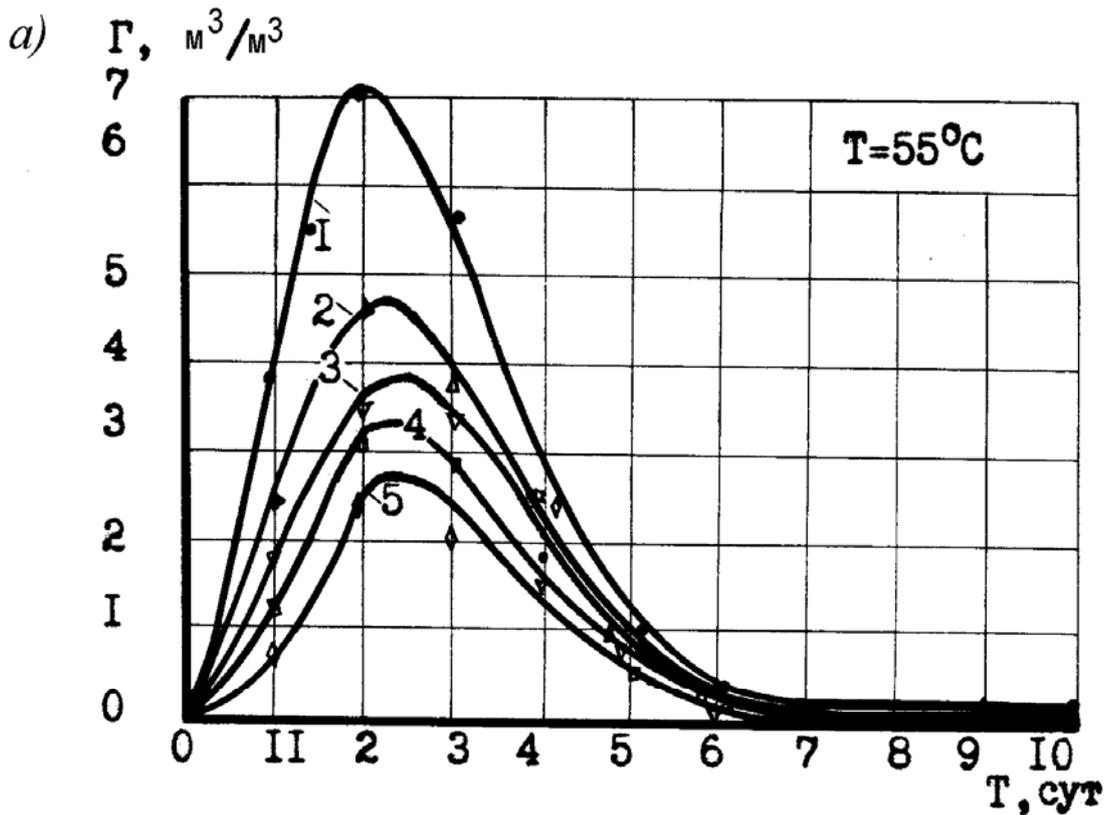
Выход биогаза в результате брожения осадков в метантенках можно определить по графику рис. 7.20 или рассчитать по формулам (7.13) и (7.14):

$$\Gamma = \frac{(O_{\text{ос}} + U_{\text{ос}}) \cdot 1000}{100 \cdot \gamma_2} \cdot R_r, \quad \text{м}^3 / \text{сут}, \quad (7.13)$$

где $O_{\text{ос}}$ и $U_{\text{ос}}$ – количество абсолютно сухого беззольного вещества осадка и ила, т/сут; γ_2 – объемный вес газа, кг/м³;

$$W_2 = \frac{\Gamma}{24} \cdot t, \quad \text{м}^3, \quad (7.14)$$

где t – время хранения газа, ч.



Номер п/п	Соотношение ил-осадок по объёму	Влажность смеси, %
1	0 : 1	95
2	0,45 : 1	95,71
3	0,8 : 1	96,02
4	1,1 : 1	96,2
5	1 : 0	97,3

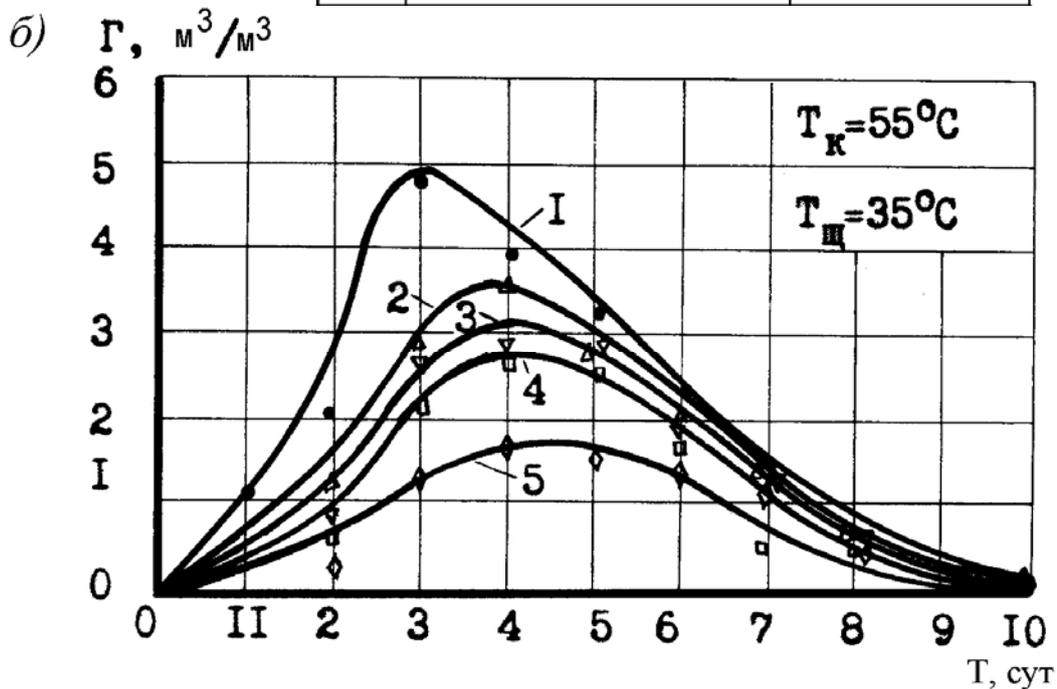


Рис. 7.20. График удельного выхода газа при сбраживании осадков в метантенках с фазовой сепарацией:

а) кислая и щелочная фазы – термофильный режим;

б) кислая фаза – термофильный, щелочная – мезофильный режим

Новая конструкция (патент РФ № 2133228) позволяет осуществить раздельную стабилизацию осадка в метантенках и активного ила в аэробных условиях. Снижаются капитальные и эксплуатационные затраты и повышается её производительность за счёт оптимальных условий ведения процессов (рис. 7.21).

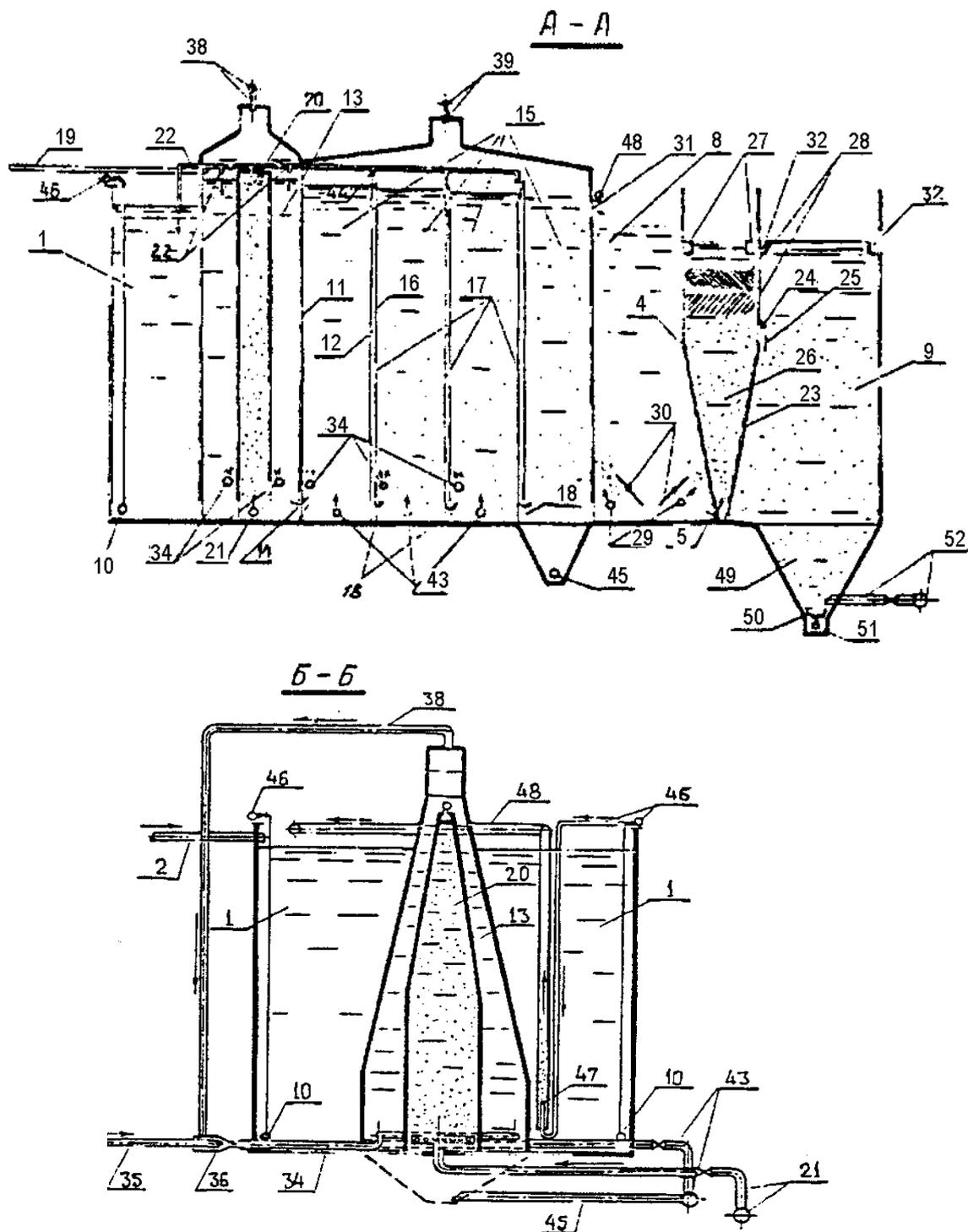


Рис.7.21. Установка для раздельной стабилизации осадка и ила сточных вод (патент РФ № 2133228)

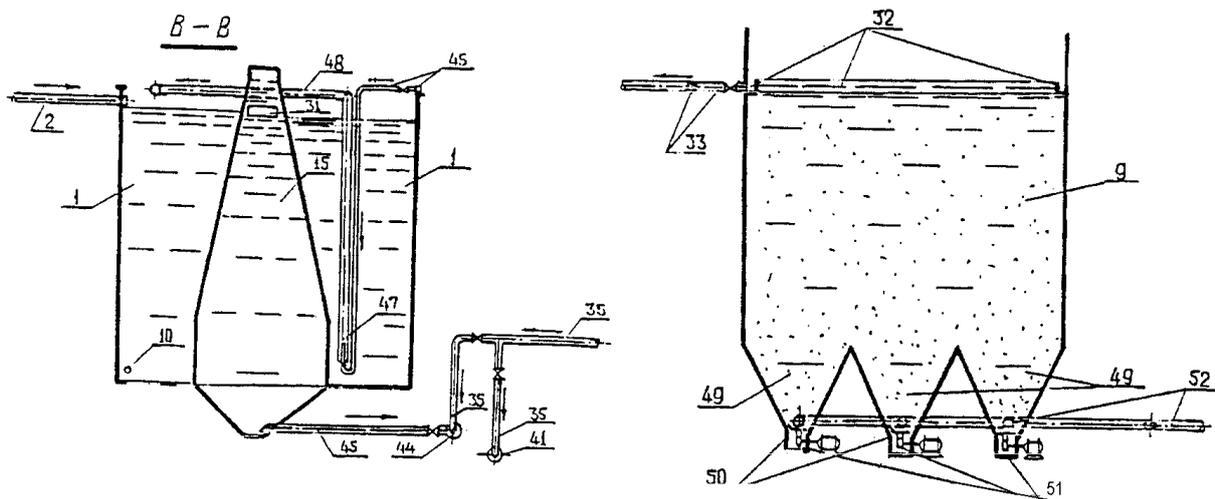


Рис. 7.21 (окончание). Установка для раздельной стабилизации осадка и ила сточных вод (патент РФ № 2133228):

1 – аэробный стабилизатор; 2 – трубопровод подачи ила; 3 – водослив; 4 – перегородка; 5, 14 – переливное окно; 6 – метантенк; 7 – камера минерализации; 8 – камера биокоагуляции с дегазацией; 9 – камера сгущения стабилизированного осадка; 10, 29 – аэратор; 11 – поперечная перегородка; 12 – разделительная перегородка; 13 – ёмкость кислого сбраживания; 15 – ёмкость щелочного сбраживания; 16 – перегородки; 17 – перепускной канал; 18, 24 – окна; 19 – трубопровод подачи сырого осадка; 20 – автоклав; 21 – патрубок; 22 – трубопровод подачи питательного субстрата; 23 – стенка; 25 – направляющая пластина; 26 – камера флотации осадка во взвешенном слое; 27, 32 – лоток для сбора иловой воды; 28 – полочный осадитель; 30 – поворотные пластины; 31 – выпускное окно; 33 – трубопровод отвода иловой воды; 34 – перфорированный коллектор подачи пара; 35 – трубопровод подачи пара; 36, 37, 41, 44 – эжекторы; 38, 39 – трубопроводы подачи биогаза; 40 – трубопровод подачи стабилизированной смеси уплотнённого осадка и пара; 42 – трубопровод подачи стабилизированной смеси; 43 – перфорированная труба подачи стабилизированной смеси; 45, 48 – трубопроводы; 46 – коллектор подачи сжатого воздуха; 47 – эрлифт; 49 – бункер для сбора и отвода стабилизированной уплотнённой смеси ила и осадка; 50 – поддон; 51 – вибратор; 52 – трубопровод отвода смеси

Ёмкость аэробного стабилизатора прямоугольной формы оборудована водосливом и перегородкой с нижним переливным окном, камерой сгущения стабилизированного осадка. Внутри этой ёмкости размещён метантенк, сообщённый переливным окном с камерой биокоагуляции. Поперечные перегородки разделяют метантенк на отделения кислого и щелочного сбраживания. В ёмкости кислого сбраживания установлен автоклав.

Установка работает следующим образом. Сырой осадок по трубопроводу 19 и активный ил по трубопроводу 2 подаются соответственно в камеру 13 кислого сбраживания метантенка и в камеру 7 минерализации аэробного стабилизатора. Для поддержания процесса брожения в оптимальном режиме в камеру 13 по трубопроводу 35 через эжектор 36 в перфорированный коллектор 34 подается пар и осуществляется перемешивание сбраживаемой массы выделяющимся газом. Газ для перемешивания отбирается из трубопровода 38 и нагнетается эжектором 36. В результате действия кислото- и метанобразующих бактерий сырой осадок в метантенке превращается в анаэробно ста-

билизированный осадок. В камере минерализации 7 концентрации растворённого кислорода поддерживаются системой аэрации 10 и осуществляется биохимическое окисление внутриклеточного субстрата микроорганизмов активного ила.

Подогрев минерализуемой массы за счёт теплопотерь метантенка 6 через его общую смежную стенку с аэробным стабилизатором 1 способствует повышенной скорости биохимического окисления активного ила в камере 7 минерализации аэробного стабилизатора и превращению его в аэробно стабилизированный ил.

Для дальнейшей активизации биохимических процессов при обработке осадка в камере 15 щелочного сбразивания обеспечивается подача осадка из бункера последней камеры 15 через трубопровод 45 и перфорированные трубы 43. При этом через трубопровод 35 и эжектор 44 одновременно нагнетается пар, который интенсивно перемешивается с осадком, и обеспечивается повышение активности смеси, что способствует интенсификации биохимических процессов при обработке осадка в камерах 15.

Из последней камеры 15 через переливное окно 31 анаэробно стабилизированный осадок поступает в камеру 8 биокоагуляции и дегазации, где смешивается с аэробно стабилизированным илом, поступающим туда из камеры минерализации 7 через водослив 3.

Снабжение камеры минерализации 7 эрлифтом 47 позволяет рециркулировать минерализованный ил из конца камеры перед переливной стенкой 3 в начало этой камеры, вместе с подачей ила в аэробный стабилизатор, что увеличивает интенсивность биохимического процесса при минерализации ила.

Аэрирование системой аэрации 29 образующейся в камере биокоагуляции 8 смеси способствует протеканию здесь за счёт высокой сорбционной активности аэробного стабилизованного ила процесса биокоагуляции мелкодисперсной взвеси. При этом в камере 8 аэрацией подавляется процесс образования газов брожения в массе анаэробного стабилизованного осадка, так как кислород угнетающе действует на метаболизм метанобразующих бактерий, продуцирующих газы брожения.

Из камеры 8 стабилизированный, прошедший стадию биокоагуляции осадок через окно 5 перегородки 4 поступает в дополнительную камеру 26, где проходит слой взвешенного осадка и дополнительно коагулируется в нём. Избыток взвешенного осадка через окно 24 направляется в камеру 9, где уплотнённый и обезвоженный осадок собирается в бункере 49. Иловая вода собирается в лотках 27 и 28 и по трубопроводу 33 отводится из установки.

Установка поддона 50 в бункер 49 выполнена с вибратором 51. В момент работы вибратора поддон испытывает колебательные движения и разрушает «свод» осадка, разжижает его, вследствие чего повышается текучесть осадка, который через зазор между кромками поддона и стенкой бункера 49 и через сливное окно в бункере удаляется из последнего. Этим обеспечивается предотвращение прорыва иловой воды через осадок в сливное окно бункера и повторное разжижение осадка.

При установке полочного осадителя 28 обеспечивается дополнительное улавливание осадка и его возвращение в зону взвешенного осадка.

При размещении автоклава 20 в камере 13 кислого сбраживания, подачи в него пара и стабилизированного осадка осуществляется через патрубок 21, трубопроводы 40, 42. При этом стабилизированный осадок подсасывается эжектором 41, перемешивается и нагнетается им в автоклав. За счёт паров продукт нагревается до температуры более 100 °С при давлении выше атмосферного. Наличие в автоклаве высоких температур и давления позволяет образовать пар внутри клетки ила. За счёт паровзрывного и термического эффектов наступает быстрое разрушение оболочек и клеток анаэробных микроорганизмов с получением биологически активного вещества в виде стимулирующего продукта для процесса сбраживания органических отходов. Теплопотери автоклава используются для нагрева осадка камеры кислого сбраживания 13, что повышает биохимический процесс.

Установка струенаправляющих пластин 30 в камере 8 дегазации обеспечивает оптимальные условия смешивания ила с осадком и отдувку биогаза воздухом за счёт создания вращательной циркуляции двух встречных потоков. Изменение угла наклона пластин над аэраторами позволяет увеличить или уменьшить расстояние между ними и стенками дегазации, что приводит к изменению скорости подъёма водовоздушной смеси. С увеличением зазора между пластинами и стенкой камеры скорость подъёма водовоздушной смеси будет меньше и её энергия будет заметно убывать. С уменьшением зазора скорость подъёма водовоздушной смеси увеличивается и затухание энергии потока будет протекать дольше, поэтому круг вращения ила и осадка возрастает, а вместе с этим повышается интенсивность смешивания ила с осадком и удаление из смеси биогаза, это создаёт более благоприятные условия для биокоагуляции.

Предлагаемая установка (рис. 7.21) позволяет:

- повысить скорость и полноту биохимических процессов при последовательном кислотном и щелочном сбраживании,
- обеспечить интенсивное перемешивание смеси в перепускных каналах между камерами щелочного сбраживания;
- улучшить газовыделение биогазов за счёт движения осадка в каждой секции снизу вверх;
- полнее использовать подводимое тепло, обеспечить подачу осадка с питательным субстратом и тщательным перемешиванием в перепускных каналах перед очередной камерой щелочного сбраживания за счёт размещения автоклава в камере кислого сбраживания и дополнительно интенсифицировать процесс брожения осадка;
- повысить уплотнение и обезвоживание осадка за счёт снабжения камеры сгущения стабилизированного осадка дополнительной камерой пропуска через взвешенный слой;

- повысить качество разделения воды и осадка за счёт установки полочного осадителя в дополнительной камере;
- интенсифицировать биокоагуляцию и отдувку биогаза за счёт снабжения камеры биокоагуляции и дегазации поворотными пластинами;
- повысить производительность установки и снизить капитальные и эксплуатационные затраты.

По результатам исследований **аэробных стабилизаторов** [18] рекомендуется метод расчёта и основные технологические параметры.

Продолжительность аэробной стабилизации следует определять по формулам (7.15) и (7.16):

- без рециркуляции стабилизированного продукта

$$t_{st} = \frac{1000 \cdot (K_{ул} \cdot \{1 - S_{ул}\} + K_{ос} \cdot \{1 - S_{ос}\}) \cdot A \cdot (1 + \varphi \cdot K_{ул})}{24 \cdot \rho \cdot K_{ул} \cdot (1 - S_{st}) \cdot K_T}, \text{сутки}; \quad (7.15)$$

- с рециркуляцией стабилизированного продукта

$$t_{st} = \frac{1000 \cdot (K_{ул} \cdot \{1 - S_{ул}\} + K_{ос} \cdot \{1 - S_{ос}\}) \cdot A \cdot (1 + \varphi \cdot a_{st} \cdot R_{st})}{24 \cdot \rho \cdot [K_{ул} \cdot (1 - S_{st}) + a_{st} \cdot R_{st} \cdot (1 - S_{st})] \cdot K_T}, \text{сутки}, \quad (7.16)$$

где $K_{ул}$ и $K_{ос}$ – концентрация сухого вещества ила и осадка, г/л;

$S_{ул}$ и $S_{ос}$, S_{st} – зольность ила и осадка, стабилизированного продукта в долях ед.;

R_{st} – количество рециркулируемого стабилизированного ила в долях ед.
 $R_{st} = 0, 1 - 0, 3$.

K_T – коэффициент, учитывающий влияние температуры среды на скорость стабилизации подаваемого продукта:

$$K_T = 10^{\ln\left(\frac{T_{факт}}{T_{расч.}}\right)}, \quad (7.17)$$

$T_{расч.} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{факт}$ – фактическая температура смеси ила и осадка, $^\circ\text{C}$.

Объём аэробных стабилизаторов следует определять по формуле

$$W_{st} = M_{общ.} \cdot (1 + R_{st}) \cdot t_{st}, \quad (7.18)$$

Перечисленные приёмы позволяют после реконструкции увеличить в 1,5 раза производительность метантенков и аэробных стабилизаторов по сравнению с их типовыми аналогами.

Расчётные параметры аэробных стабилизаторов
с рециркуляцией стабилизированного продукта

Вид осадков	Продолжительность стабилизации осадков $T_{сут}$ при температуре, °С			Удельный расход воздуха $q_в$ $м^3/(м^3*ч)$	Степень минерализации A , %	Скорость окисления орг. в-в ρ , мг/(г*ч)	Зольность рециркулируемого стабилизированного ила S_{st} , доли един.	Коэффициент ингибирования продуктами метаболизма ила φ , л/г	Доза рециркулируемого ила a_{st} , г/л
	15	20	25						
Неуплотнённый ил	3 - 4	1,5 - 2	1 - 1,3	1,4 - 2,4	15 - 20	6 - 8	0,32 - 0,38 0,35 - 0,4*	0,052	4 - 6 15 - 20*
Уплотнённый активный ил:	4 - 9	2 - 4,5	1,5 - 3	2 - 4,5	12 - 15	6 - 8	0,34 - 0,39 0,35 - 0,42* 0,28 - 0,35	0,07 - 0,09	20 - 27 25 - 30* 25 - 30
- гравитационные уплотнители									
- флотационные уплотнители									
- гидроциклоны	10 - 14	7 - 8	4 - 4,5	-	20 - 25		0,3 - 0,36* 0,42 - 0,47	0,08 - 0,09 0,09 - 0,11	27 - 33* 55 - 60
Сырой осадок и неуплотнённый активный ил	8 - 10	4 - 5	2,5 - 3,5	1 - 2	15 - 20	4 - 6	0,33 - 0,38	0,15	15 - 25
Осадок и уплотнённый ил	12 - 16	7 - 9	4,5 - 5	2 - 3	15 - 25	4 - 6	0,37 - 0,42	0,15	30 - 45

Примечание: * после сгущения в стабилизаторе.

7.5.6. Интенсификация работы фильтров для механического обезвоживания осадков и препараты их обезвреживания

В связи с наличием большого числа осадков с повышенным гидравлическим сопротивлением возникает необходимость в повышении производительности фильтров. Это может быть достигнуто путём увеличения поверхности фильтрования отдельных фильтров и повышения скорости фильтрования за счёт создания оптимальных условий разделения суспензий.

В настоящее время поверхность фильтрования некоторых барабанных вакуум-фильтров достигает 140 м^2 , дисковых – 300 м^2 , карусельных – 190 м^2 , ленточных (рис. 7.22) – 25 м^2 . Камерные фильтр-прессы (рис. 7.23) осуществляют фильтрование под давлением, процесс обезвоживания периодический. На центрифугах (рис. 7.24) процесс обезвоживания непрерывный.

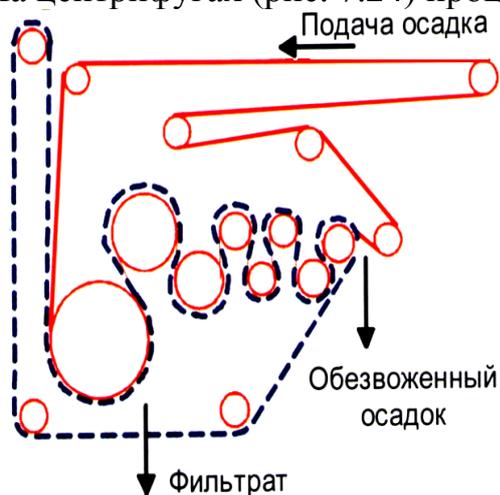


Рис. 7.22. Ленточный вакуум-фильтр

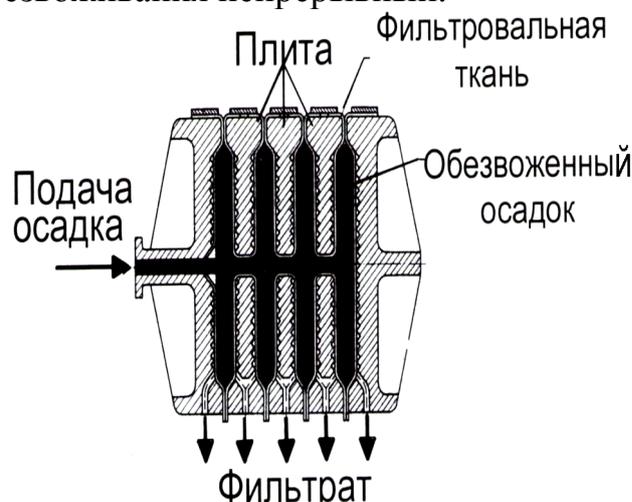


Рис. 7.23. Камерный фильтр-пресс

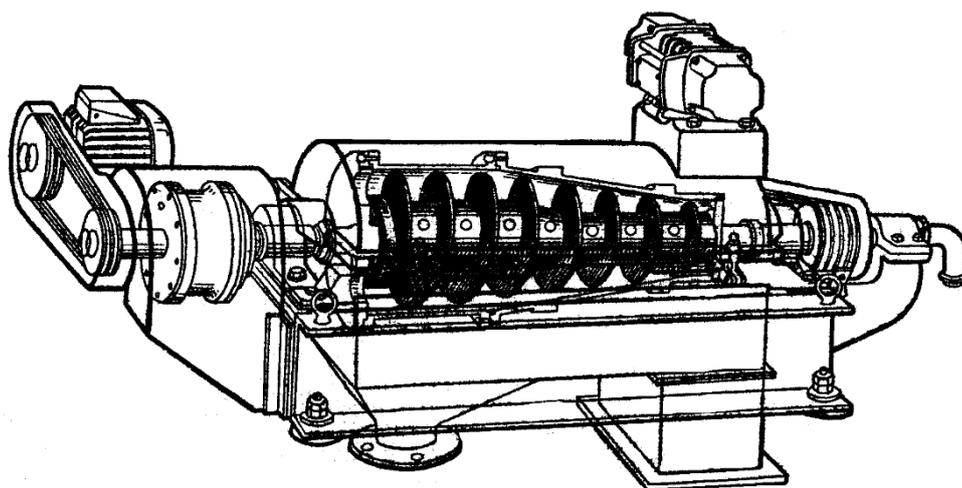


Рис. 7.24. Центрифуга

Применение обезвоживающего оборудования требует использования химических реагентов. Обычно используют полимер или комбинацию из полимера и хлорного железа. Для камерных фильтр-прессов можно использовать хлорное железо и известь. Достигаемое содержание сухого вещества и требуе-

мая доза полимера зависят от типа осадка и оборудования. Активный ил хуже отдаёт влагу, чем сырой или анаэробно сброженный осадок (табл. 16).

Таблица 16

Степень обезвоживания осадков по сухому веществу при применении различного оборудования

Тип оборудования	Сброженный осадок, %	Активный ил, %
Центрифуги со сплошным ротором	25 - 30	15 - 22
Центрифуги пресса	25 - 35	15 - 25
Ленточный фильтр	25 - 30	15 - 22
Камерный фильтр	30 - 40	20 - 30
Мембранный фильтр	35 - 45	20 - 35

Общая тенденция использования оборудования такова: увеличивается спрос на центрифуги и ленточные фильтры, а на камерные уменьшается.

Оптимальные условия разделения суспензий можно обеспечить конструктивными; технологическими, физико-химическими способами.

К конструктивной группе относятся:

- автоматизация процессов фильтрования,
- реверсивное (при малой толщине осадка), динамическое (при непрерывном смывании осадка), неоднородное (при образовании осадка на цилиндрической поверхности с малым радиусом кривизны) и вибрационное фильтрование.

Технологические способы основаны на выборе оптимальных значений толщины осадка, разности давлений, концентрации суспензии, и предварительной классификации суспензии по размеру твёрдых частиц на тонко- и грубодисперсные.

Физико-химический способ сводится к физико-химическим воздействиям на суспензию, которые значительно уменьшают удельное сопротивление осадка.

В результате выбора надлежащих условий образования суспензий (температура, концентрация и др.) можно увеличить размер твёрдых частиц, получить кристаллические частицы вместо аморфных, предотвратить образование смолистых и коллоидных примесей; при этом удельное сопротивление осадка для отдельных суспензий может быть уменьшено в десятки раз.

Методами для обезвреживания природных и сточных вод и их осадков от яиц гельминтов в настоящее время, наряду с дорогостоящими и не всегда оправданными средствами, являются *овицидные препараты* серии «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ» [36, с.10-11]. Препарат применяется в микродозах, не содержит токсичных компонентов, способен обеспечить полную дегельминтизацию, вызывая естественную гибель яиц гельминтов, не оказывая при этом влияния на метаболизм биоценоза активного ила, почву и здоровье человека. Максимальная эффективность дегельминтизации сточных вод со-

ставляет 99,9 %; отдельно осадков сточных вод - 95÷98 %. Высокая эффективность воздействия препарата «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ» на сырой осадок достигается дозой 10 мг/м³ и временем контакта 18 суток. В обработанном осадке не обнаруживаются жизнеспособных яиц гельминтов.

7.5.7. Реконструкция иловых площадок

В современных условиях специалистами предложены следующие возможные способы улучшения работы иловых площадок:

- 1) устройство водонепроницаемого основания;
- 2) организация дренажной системы с горизонтальными и вертикальными дренирующими элементами. Дренажная система выполняется из четырёх слоёв фильтрующего сыпучего материала крупностью фракций в слоях снизу вверх от 10-15, 5-10, 3-5 и 1,3 мм (рис. 7.25);



Рис. 7.25.
Засыпные дренажи

- 3) обеспечение системы регенерации дренирующих элементов воздухом и (или) водой;

4) выполнение вертикальных элементов из стеклопластиковых фильтровальных труб, покрытых фильтровальной тканью. Эффективная работа иловых площадок обеспечивается при общей площади дренажной системы 7-10 % от площади иловых площадок (из них вертикальные 0,2 - 2 %, горизонтальные 6 - 8 % – от общей площади иловых площадок). Максимальные значения процента дренажа увеличивать не следует, т.к. это не приводит к росту производительности иловых площадок, но значительно усложняет механизированную уборку подсушенного осадка.

Удельная нагрузка по пп.1-4 увеличивается до 3-4 м³/(м² год) по сравнению с традиционной – 1,2 – 2,3 м³/(м² год);

5) использование флокулянта при обработке образующегося избыточного ила позволяет увеличить удельную нагрузку по осадку в 3-4 раза [36, с.17] и снизить во столько же раз эксплуатационные затраты в сравнении с процессом обезвоживания центрифугированием [36, с.15].

7.5.8. Новейшие технологии – альтернатива традиционным переработкам и использованию осадков сточных вод

Решая проблему охраны окружающей среды за счёт уменьшения сброса загрязнений со сточными водами в водоёмы, нельзя забывать и том, что образующиеся на ОСК осадки представляют для окружающей среды ещё большую опасность, чем сбросы.

Осадки, полученные в процессе очистки сточных вод, составляют до 1 – 1,5 % от объёма очищенных сточных вод, но они содержат в своём составе более 90 % микроорганизмов вместе с болезнетворными, а поэтому представляют огромную опасность как для водоёмов, так и всей окружающей среды.

Различные виды осадков ОСК в настоящее время обрабатываются и утилизируются неэффективно, а некоторые виды осадков (например, с решёток и из песколовков) утилизируются путём обычного захоронения без использования методов их обеззараживания.

Вывоз осадков, задержанных на решётках, на городские свалки и утилизация их совместно с твёрдыми бытовыми отходами создаёт большую проблему, т.к. отбросы с решёток содержат более 90 % органических веществ и загнивают с выделением биогазов. При выпадении атмосферных осадков или при таянии снега часть органических веществ и продуктов их брожения могут попадать в водоёмы, но большая их часть фильтруется в грунт, загрязняя его и грунтовые воды как органическими веществами и газами брожения, так и микроорганизмами, в том числе и патогенными. Следовательно, для всех населённых пунктов, имеющих станции очистки сточных вод, сохраняется вероятность загрязнения водоёмов и подземных вод. В случае устройства свалок с водонепроницаемыми стенками и днищем потребуется дренажная система для отвода, перекачки и очистки загрязнённых атмосферных вод. Такой вариант утилизации части осадков сточных вод потребует больших капитальных и эксплуатационных затрат материалов и средств. Но и при этом велика вероятность попадания стоков со свалок в водоёмы и загрязнение их.

Осадки из песколовков, подсушенные на песковых картах, также подвергаются захоронению в котлованах или выработанных карьерах, загрязняя грунты и воды подземных горизонтов.

Пока на вооружении станций очистки нет дешёвых, но надёжных и эффективных способов утилизации осадков с решёток и из песколовков. Создание новых способов и технологий их утилизации является актуальной и важной проблемой улучшения экологического состояния окружающей среды.

Остальные виды осадков: сырой осадок из первичных отстойников и избыточный активный ил - подвергаются традиционным методам обработки в аэробных или анаэробных условиях.

В целом по стране объём этих осадков составляет около 1,3 млн м³/сут, а по сухому веществу до 65 тыс. тонн. Для обезвоживания и обеззараживания такого количества осадка расходуется такое же количество средств, как и на всю очистку сточных вод. Однако это не решает проблемы охраны водоёмов. Такое положение объясняется рядом причин, среди которых низкая надёжность работы сооружений по обработке и обезвоживанию осадков, сложность их эксплуатации из-за несовершенства технологических процессов и конструкций, требующих высокой квалификации обслуживающего персонала. Фактически более 80 % осадков сточных вод по стране не обрабатывается, а подаётся без какой-либо обработки на иловые площадки для обезвоживания. Необработанные осадки представляют угрозу для загрязнения водоёмов, грунтов и грунтовых вод и значительной части природной среды. Наличие в осадках сточных вод солей тяжёлых металлов и др. канцерогенных веществ ограничивает их применение в качестве удобрения сельскохозяйственных и технических культур, в том числе лесозащитных растений. Снижение спроса на использование осадков привело к накоплению их на открытых площадках, создало дополнительную опасность для окружающей среды. Во многих городах количество накопленных осадков исчисляется сотнями тысяч и даже миллионами кубических метров (например, в г. Воронеже около 1 млн м³, а в Москве – более 15 млн м³). В европейских приморских странах осадки сточных вод сбрасываются глубоководными выпусками в Средиземное море и океан.

С целью снижения остроты проблемы, т.е. уменьшения вероятности загрязнения окружающей среды, целесообразно внедрять новейшие технологии и устройства для переработки накопившихся и образующихся каждые сутки осадков.

Альтернативным вариантом может служить *способ получения пористого материала* как пустотелого заполнителя для бетона, так и в качестве теплоизоляционного материала. Использование нового способа обработки всех видов осадков сточных вод с целью получения готового товарного продукта (патент РФ № 2186047 от 27.07.2002.г.) [61] позволит получить стерильный продукт с высокой конкурентной способностью. Готовый продукт из осадков сточных вод обладает высокой пористостью с размером пустот от 5-1,5 мм до 0,1-0,006 мм. Наличие большего количества пор в пустотелом материале обусловлено содержанием в различных осадках органических веществ с широким диапазоном размеров фракций. Высокая температура обжига материала до 1500 °С обеспечивает не только спекание присадочного материала, но и плавление кремния, содержащегося в песке. При остывании материала формируется кристаллическая решётка из кремния, что повышает прочность пустотелого материала, а наличие застывшей кремниевой оболочки на поверхности пустотелого изделия обеспечивает его применение в строитель-

ве как в условиях кислой, так и щелочной среды. Возможность *получения из осадков сточных вод готового продукта позволит решить ряд проблем:*

- ✓ отпадёт необходимость минерализации осадков и последующей их обработки, что даст возможность резко снизить затраты на строительство и эксплуатацию аэробных минерализаторов или метантенков, а также на стерилизацию осадков;
- ✓ получение и реализация готовой продукции из всех видов осадков исключит вероятность загрязнения водоёмов, почв и окружающей среды и обеспечит возмещение расходов на переработку осадков и их использование вместо утилизации.

Результатом этого станет возможность получить *стерильный, обладающий высокой прочностью и малым объёмным весом, хорошо противостоящий кислым и щелочным средам материал, незаменимый в строительстве сельскохозяйственных объектов, а также в качестве теплоизоляционного материала.*

Применение **новой технологии** для обработки любых осадков, содержащих органические вещества, позволит на существующих станциях очистки сточных вод ликвидировать накопившиеся осадки и в кратчайшие сроки не только окупить затраты, но и получить реальную прибыль, защитив при этом окружающую среду от загрязнения осадками сточных вод.

Реализация в коммунальном хозяйстве безотходного производства по утилизации осадков сточных вод открывает наиболее перспективные возможности решения практического улучшения экологических, экономических и социальных задач во всех регионах России и вне её вместо их традиционной обработки на существующих ОСК.

7.5.9. Реконструкция сооружений биологической очистки

В биологической очистке сточных вод используется способность микроорганизмов употреблять некоторые загрязняющие вещества как источник питания. Загрязняющие вещества могут быть частично окислены до воды и углекислого газа или трансформированы в новые микроорганизмы, которые могут быть удалены при дальнейшей очистке стоков. Понятие биологической очистки охватывает очень широкий диапазон методов.

На первых порах биологическая очистка была рассчитана только на *удаление органических соединений*. Наличие неокисленных органических загрязнений может быть источником неприятных запахов и изменения кислородного баланса водоёма при сбросе таких стоков. Следствием может быть гибель флоры и фауны водоёма.

Позднее больше внимания стали уделять процессу *нитрификации*, в результате которого происходит снижение содержания в очищаемой воде азота аммонийного, который является не только ядом для разнообразной фауны рек, морей и океанов, но и биогенным элементом, вызывающим интенсивное цветение водоёма и понижающим концентрацию растворённого кислорода в водоёмах. В настоящее время более строгие требования предъявляются к *удалению фосфора*.

Основные задачи реконструкции сооружений биологической очистки:

- повышение пропускной и окислительной способности, и эффективности;
- снижение капитальных и эксплуатационных затрат, в том числе трудоёмкости обслуживания и энергоёмкости технологического процесса;
- улучшение гидродинамических режимов работы вторичных отстойников, снижение вихреобразования в придонной части отстаивания;
- рациональное использование земельных площадей.

Для решения этих задач внедряются новые конструкции сооружений и технологические процессы, а также реконструируются и модифицируются действующие сооружения.

7.5.9.1. Реконструкция и интенсификация аэротенков

Интенсификацию **аэротенков** можно осуществить рядом способов:

- ✓ увеличением дозы активного ила в зоне аэрации.

При повышении дозы с 1–2 до 25 – 30 г/л пропорционально возрастает окислительная мощность аэротенка с 0,5 – 1 до 12 – 14,5 кг БПК/(м³·сут). Однако для системы аэротенк - вторичный отстойник существует предельная концентрация активного ила, превышение которой ведёт к дестабилизации работы системы и ухудшению качества очистки. «Узким местом» в этой системе является вторичный отстойник, для которого оптимальная доза ила составляет 1,5 – 2 г/л;

- ✓ использованием *кислорода* – окистенки.

Применение кислорода для очистки сточных вод в аэротенках позволяет снизить расход электроэнергии в 1,3 – 1,7 раза. Наибольшая экономия электроэнергии наблюдается при растворении кислорода в иловой смеси, с избытком компенсируются энергозатраты на производство кислорода. Количество избыточного активного ила после окистенков снижается почти в 2 раза по сравнению с его количеством после традиционных аэротенков;

- ✓ *добавлением* в иловую смесь *перекиси водорода*.

Это позволяет снизить иловый индекс и улучшить седиментационные качества активного ила. Например, внесение в иловую смесь с индексом 630 – 800 см³/г перекиси водорода 40...200 мг/л позволило получить компактный хорошо оседающий ил, индекс которого 100...160 см³/г. Наилучшей точкой введения перекиси водорода является канал, отводящий ил с дозой 10...200 мг/л из аэротенков во вторичные отстойники. При очистке некоторых трудноокисляемых сточных вод перекись водорода добавляется непосредственно в зону аэрации, где её расщепление интенсифицируется каталазой микроорганизмов активного ила;

- ✓ *прерывистым* введением *озоновоздушной смеси* в поток рециркулирующего активного ила аэротенка. Успешно использовалось для фенолсодержащих стоков, сокращая продолжительности аэрации в 1,5 – 2 раза;
- ✓ *совершенствованием гидродинамического режима* аэротенков;
- ✓ методом *химического мутагенеза* для избавления от химических загрязнений с высокими показателями ХПК 850 – 4000 мг/л в производстве

синтетического каучука, коксохимических производств, фармацевтической промышленности. Сущность этого метода заключается в повышении окислительной мощности аэротенка за счёт воздействия химическими мутагенами на сложный биоценоз активного ила, содержащий различные популяции бактерий, грибов зелёных водорослей и т.п. В качестве мутагенного фактора ещё использовали ультрафиолетовое облучение. За счёт укрупнения зооглейных частиц улучшались седиментационные качества активного ила [10];

- ✓ использованием *ультразвука* повышается ферментативная активность микроорганизмов при очистке многокомпонентных, содержащих более 700 органических и минеральных загрязнителей высококонцентрированных (ХПК до 10000 мг/л) и токсичных сточных вод. Диапазон рекомендуемой электрической мощности 3 – 400 Вт, время воздействия ультразвука на биоценоз 1 – 60 мин при частоте ультразвука 22 ± 1 кГц. При воздействии ультразвука концентрация дегидрогеназ в активном иле повышается в 1,4 – 1,8 раз, в результате этого увеличивается окислительная мощность сооружения;
- ✓ *раздражением электрическим током 25 – 50 мкА бактериальных клеток*, что позволяет повысить эффект изъятия загрязнений с 19 (по сравнению с традиционной обработкой сточных вод) до 84 – 87 % из высококонцентрированных сточных вод. Этот метод ускоряет внутриклеточный процесс и повышает концентрации дегидрогеназ. Для повышения эффекта очистки городских сточных вод в 2,9 – 3,2 раза электростимуляция активного ила может быть использована в течение 3 мин с мощностью электрического тока 2,5 мВт;
- ✓ поддержанием оптимального *адаптированного видового состава микроорганизмов активного ила* интенсифицируется процесс биологической очистки сточных вод в 2 раза. Величина ХПК очищенных сточных вод составляет 100 – 120 мг/л, а БПК 15 – 40 мг/л. Метод чистых культур позволяет добиться эффективности очистки сточных вод от фенолов, метилового спирта, уксусной кислоты, бензола, нафталина, пиридина бензаперена, роданистых солей и цианистых соединений до 99,5 – 99,9 %;
- ✓ *совершенствованием систем аэрации* сточных вод снижаются эксплуатационные расходы и затраты электроэнергии;
- ✓ *изменением технологических параметров* и применением новых технологических приёмов [36 с.34-36; 40]. Так, при очистке слабозагрязнённых вод если предусмотреть *рациональное распределение активного ила по длине аэротенка*, то обеспечивается не только быстрое окисление органических загрязнений, но и достигаются минимальные значения илового индекса, облегчается отделение ила от очищенных сточных вод во вторичных отстойниках.

Совершенствование систем аэрации достигается следующими ,способами:

- мелкопузырчатой аэрацией через плоские аэраторы из пористых полиэтиленовых пластин [55] (рис. 7.26). Степень использования кислорода в них 13,6 %, эффективность окисления 2,11 кг/(кВт·ч);
- совершенствованием механических аэраторов за счёт применения надёжных редукторов, жёстких и прочных валов и рабочих колёс, мало подверженных загрязнению;
- струйной аэрацией;
- эрлифтной аэрацией;
- созданием устойчивых к засорению, легко извлекаемых и заменяемых или регенерируемых фильтросов (рис. 7.27).



Рис.7.26. Равномерность аэрации при мелкопузырчатых аэраторах



Рис. 7.27. Новый тип аэратора

Увеличить дозу ила в аэротенке можно разными путями:

- введением регенерации активного ила с уплотнением перед подачей. Тогда доза в регенераторе может достигать 7 – 8, а в рабочей зоне аэротенка 1,5 – 2,5 г/л;
- применением двухступенчатого гравитационного илоотделения, модификации вторичных отстойников тонкослойными модулями или использованием флотаторов, осветлителей с взвешенным слоем;
- реконструкцией аэротенков, с оборудованием их фильтрационным разделением иловой смеси - фильтротенки. В рабочей зоне такого сооружения поддерживается доза активного ила до 25 г/л. Применимы

для очистки высококонцентрированных сточных вод, образующих труднооседаемые илы;

- динамическим фильтрованием. Конструкция представляет собой частично погружённый в аэротенк барабанный микрофильтр с центральным отводом фильтрата. Барабан микрофильтра располагается над фильтросными пластинами. При аэрации поток воздушной смеси обтекает динамический фильтр, препятствуя образованию осадка на фильтровальной поверхности. Применяется для высококонцентрированных сточных вод (например, химкомбинатов) и позволяет в 5 – 10 раз повысить скорость фильтрования по сравнению с другими известными методами. Окислительная мощность аэротенка может достигать 18 кг ХПК/(м³·сут), степени очистки до 90 – 95 % и концентрации активного ила в рабочей зоне аэротенка до 30 г/л.

Совершенствование гидродинамического режима аэротенков достигается несколькими способами:

- неравномерно *рассредоточенной подачей* жидкости в аэротенки;
- *разделением* объёма коридора на *секции* (камеры, ячейки). Наиболее предпочтителен объём камеры, пропорциональный остаточному содержанию загрязнений БПК, уменьшающийся по мере очистки сточных вод. В каждой зоне, благодаря процессам автоселекции, развивается адаптированный биоценоз активного ила, способствующий стабилизации процесса;
- *вертикальным движением воды* в глубоких аэротенках – **шахтные аэротенки**. По сравнению с традиционными способами требуется в 2 – 2,5 раза меньше объём аэротенков, капитальные затраты меньше на 20 %. Благодаря высокому гидростатическому давлению растворимость кислорода в шахтных аэротенках в 2 раза выше, снижается мощность компрессоров и уменьшается количество подаваемого в реактор воздуха. Количество избыточного активного ила снижается на 50 %. Исключает возможность протекания анаэробных процессов. Степень использования кислорода составляет до 90 %;
- использованием *эжекторных аэраторов*.

При очистке загрязнённых сточных вод в аэротенках кафедрой гидравлики, водоснабжения и водоотведения ВГАСУ реализуется **комплекс технологических и конструктивных решений** в виде дифференцируемого распределения очищаемых сточных вод по длине аэротенка, в том числе и в регенераторе, а также адаптации ила к определённой стадии очистки воды. Кроме того, в аэротенке предусматривается повышение активности ила и его энергетического потенциала за счёт переменной интенсивности аэрации, чередования нитрификации и денитрификации, воздействия на ил магнитного поля и стимулирующих добавок.

7.5.9.2. Реконструкция и интенсификация биофильтров

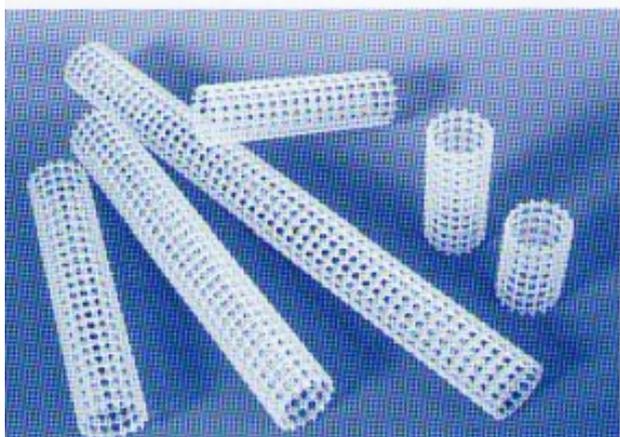
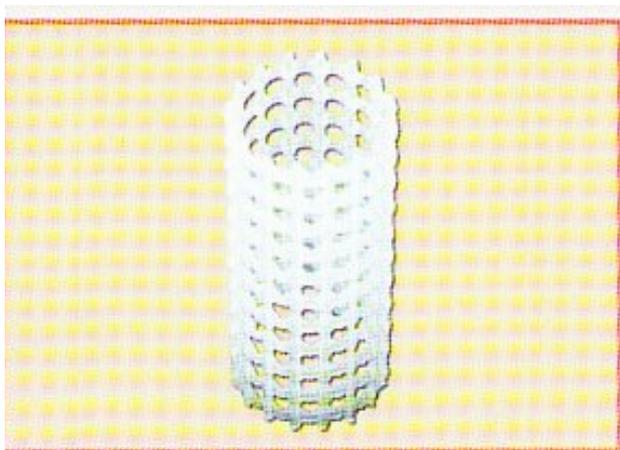
Интенсификацию **биофильтров** можно осуществить следующими способами, требующими конструктивных и технологических изменений:

- применением прикрепленной микрофлоры [14];
- тонкоплёночными загрузочными материалами;
- дисковыми биофильтрами, сочетающими в себе преимущества биофильтров и аэротенков.

В НИИ ВОДГЕО выполнен ряд исследований на аппаратах, где биоплёнка закреплялась на погружённые в воду насадки. Исследовались четыре вида насадок:

- из труб диаметром 20 и 50 мм;
- ленточная (гофролента из ПВХ);
- плоскостная (нетканое плотно);
- сетчатая (из сетки с ячейками 10*10 мм).

Опыты проводились на двух видах сточных вод: имитаторах городских



стоков и молокозавода. Насадки позволили повысить дозу ила в аэротенках в 1,5-2 раза, причём основная масса ила была закреплена на насадке, что позволяло работать без вторичных отстойников. В режиме доочистки насадки давали возможность снизить БПК до 4÷5 мг/л. По технико-экономическим показателям наиболее перспективным видом насадки является сетчатая (рис. 7.28). Количество насадок на 1 м³ загрузки составляет 0,75 кг/м³ (ленточной – 30, плоскостной – 10, «ершей» - 10 кг/м³). Удерживающая способность ила сетчатой насадкой - 4500 г/кг (ленточной – 220, плоскостной – 450, «ершей» - 400 г/кг). Высокие показатели сетчатой насадки объясняются тем, что ил закрепляется на всех её нитях довольно толстым слоем (до 3 мм). Такая насадка не засоряется, легко регенерируется и не обрывается (как «ерши»).

Рис. 7.28. Насадка сетчатая

7.5.9.3. Интенсификация работы вторичных отстойников

Как правило, предусматривается путем *улучшения гидродинамических режимов* работы вторичных отстойников или внедрения *тонкослойного режима* отстаивания.

Исследования гидродинамических режимов отстаивания позволили наметить основные пути снижения вихреобразования в придонной части от-

стойников и сокращения длины участка осаждения, т. е. увеличения их пропускной способности. Из технических приёмов особо следует выделить рассредоточенный попутный отбор осветлённой сточной жидкости, который осуществляется системой водосбора. При этом дополнительные водосливы устанавливаются вдоль боковых стенок горизонтального отстойника (примерно на 60 – 70 % его длины).

Отвод части придонного потока, около 15 % общего расхода, из зоны наибольшей концентрации загрязнений позволяет повысить эффективность работы горизонтального отстойника примерно на 30 %.

Применение *флотационного илоотделения* вместо вторичных отстойников позволяет значительно повысить пропускную способность станций биологической очистки сточных вод и улучшить качество очищенной сточной жидкости (патент РФ № 2129095 – рис. 7.29).

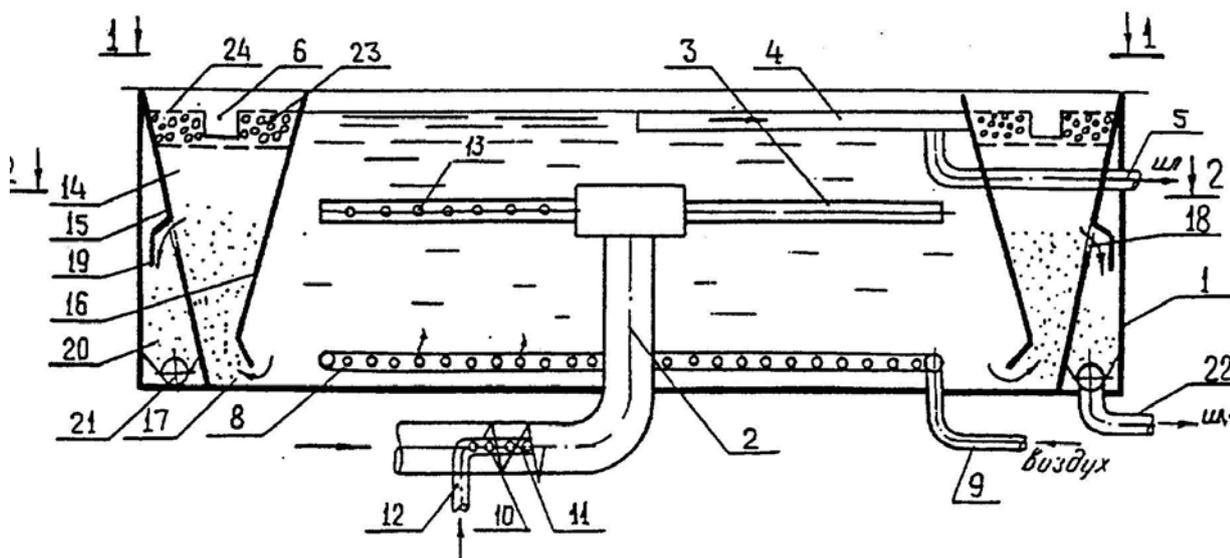


Рис. 7.29. Флотатор (патент РФ № 2129095):

1 – цилиндрический резервуар; 2 – центральная подводящая труба; 3 – радиальная перфорированная труба; 4 – пеносборный лоток; 5, 9, 22 – патрубки; 6 – сборный лоток; 8 – перфорированная труба подачи сжатого воздуха; 10 – смеситель в виде перфорированной трубы; 11 – винтообразная лопасть; 12 – патрубок подачи сжатого воздуха; 13 – отверстия; 14 – камера осветления; 15, 16 – внутренняя и наружная конические перегородки; 17 – зазор с дном резервуара; 18 – перепускное окно; 19 – козырёк; 20 – камера сбора уплотнённого ила; 21 – сборный коллектор в виде перфорированной трубы; 23 – плавающая зернистая загрузка; 24 – решётка

Эффективность работы горизонтальных отстойников в значительной мере зависит от способа удаления выпавшего осадка. В отстойниках старого типа часто оказывается необходимым увеличить не менее чем до 50° угол наклона стенок иловых приямков. Горизонтальные отстойники, не имеющие скребковых механизмов, могут быть модернизированы путём установки скребков на вращающейся бесконечной цепи. Ил из горизонтального отстойника можно удалить с помощью эрлифтного илососа, установленного на движущейся вдоль коридора поперечной ферме.

В радиальных отстойниках эффект очистки увеличивается на 20 – 30 % за счёт периферийного впуска сточной жидкости. Пропускная способность радиальных отстойников обычной конструкции с центральным подводом воды при таком же времени отстаивания увеличивается на 30 – 60 %. Распределительное периферийное устройство радиального отстойника представляет собой кольцевой лоток с зубчатым водосливом или щелевыми донными отверстиями. Периферийный водораспределитель совместно с полупогружной перегородкой образует с бортом отстойника кольцевую зону, где происходит эффективное гашение энергии входящих струй. Сточная жидкость поступает в рабочую зону отстойника через кольцевое пространство, образуемое нижней кромкой полупогружной перегородки и днищем. Очищенная сточная жидкость из радиального отстойника с периферийным впуском воды может отводиться двумя путями. В первом случае осветлённая сточная жидкость удаляется непосредственно через центральную трубу с вертикальными щелевыми отверстиями; во втором – отводится центральным кольцевым лотком, установленным на отводящих трубах, соединённых с центральной трубой.

Радиальные отстойники могут оснащаться вращающимися сборно-распределительными устройствами, в этом случае отстаивание происходит практически в статических условиях, вследствие чего строительный объём сооружения сокращается в 2 раза. Подача и отбор воды в этих отстойниках осуществляются вращающимся желобом, разделённым перегородкой на две части.

7.5.9.4. Энергосберегающие технологии биологической очистки сточных вод

Биологическая очистка сточных вод является сложным и дорогостоящим технологическим процессом, требующим высокой квалификации обслуживающего персонала, умелого управления технологическими параметрами, оперативного и достоверного контроля показателей.

Рациональное использование в технологическом процессе живых аэробных микроорганизмов требует непрерывного грамотного вмешательства в работу аэротенков для создания оптимальных условий в них, особенно при наличии переменных притоков сточных вод с меняющейся во времени концентрацией загрязнений по количеству и качеству. Оперативный учёт и контроль позволит быстрее и правильнее принимать рациональные решения.

Высокий эффект снижения в аэротенках БПК, азота и фосфора существенно зависит от правильности соблюдения требований рационального притока питательного субстрата к клеткам активного ила, обеспечения необходимого притока кислорода, поддержания высокой окислительной активности ила, а также поддержания в оптимальных пределах физических и химических свойств поступающих на обработку в аэротенки сточных вод.

Применяемые в технологическом процессе аэротенки типовых конструкций имеют большую вместимость сооружений, несмотря на неучёт расхода циркуляционного активного ила при расчёте вместимости аэротенков по СНиП 2.04.03-85 п. 6.142. В рекомендациях СНиП в теоретических расчётах

имеется ряд допущений, которые не отвечают фактическим условиям в аэротенках, но от которых зависят такие расчётные параметры, как: R_i – степень рециркуляции ила; a_r - доза ила, поступающего в регенератор; время аэрации воды t_{at} ; q_i - нагрузка на ил, мг БПК_{полн.} в расчёте на 1 г беззольного ила за 1 сутки и др.

Анализ работы эксплуатируемых аэротенков показал, что завышение их объёмов и эксплуатационных затрат является следствием того, что многие факторы не учитываются совсем, либо им не придают значения, либо используют традиционные нерациональные решения. Например, не учитываются такие факторы, как соотношение размеров частиц субстрата и активного ила, изменение скорости окисления органических веществ на различной стадии при снижении концентрации БПК, фактические концентрации ила из вторичных отстойников различных типов и способы удаления из них ила. К малозначительным относят такие факторы, как ввод и распределение сточных вод, ила и воздуха в местах их смешивания и на протяжении технологического процесса. Примером традиционных решений могут служить: низкий КПД использования кислорода атмосферного воздуха, не превышающего на практике 15-18 %; а также необеспечение в аэротенках оптимальных условий, поэтому нагрузка на активный ил за время обработки сточных вод не сохраняется оптимальной и меняется от очень высокой в начале процесса до минимальной – в конце аэротенка.

Стремление отдельных специалистов улучшить работу аэротенков за счёт увеличения дозы ила в них либо использования в пределах аэротенков зон нитрификации и денитрификации является необоснованным и противоречит реально существующим законам. Результаты же, полученные по отдельным часам суток (при переменных притоках сточных вод и загрязнений), нельзя принимать за фактическое улучшение работы сооружений [40].

Ряд выполненных авторами исследований [40] на станциях очистки сточных вод различной пропускной способности в городах: Воронеже, Нововоронеже, Кирове, Тамбове, Петрозаводске и др. - позволил выявить большое количество причин низкой эффективности работы аэротенков, на которые обращено внимание службы эксплуатации. и разработать конкретные рекомендации и мероприятия по их реализации.

Для повышения эффективности работы аэротенков целесообразно использовать комплекс технологических и конструктивных решений. К числу возможных рациональных решений следует отнести:

1. Обеспечение круглые сутки стабильной гидравлической нагрузки по воде на каждый работающий аэротенк.
2. Повышение эффекта улавливания нерастворённых веществ в сооружениях механической очистки (желательно до размера фракций 20 - 30 мкм).
3. Создания по всей длине аэротенка в любое время технологического процесса оптимальные нагрузки в мг БПК_{полн.} на 1 г беззольного ила.
4. Обеспечение дифференцированной подачи воздуха через рациональные системы аэрации с учётом всех технологических этапов (на ды-

хательный процесс ила, протекания биологических и химических окислительных процессов, в том числе на образование нитритов и нитратов, а также на окисление растворённых и взвешенных органических веществ).

5. Интенсификацию окислительной способности активного ила и всего технологического процесса путём использования:

- ✓ адаптированной микрофлоры (рециркулируемой прикрепленной на биоблоках и взвешенной при сгущении ила в пределах аэротенка);
- ✓ повышения КПД использования кислорода атмосферного воздуха;
- ✓ нагрузки на активный ил q_i , приближающейся к предельному (оптимальному) значению – $q_{i(lim)}$ и обеспечивающему величину илового индекса с минимальными значениями (т.е. $J_i \rightarrow min$).

Реализация указанных рекомендаций на реальных аэротенках с учётом местных условий позволит повысить производительность аэротенков, улучшить качество очистки в них сточных вод, снизить расход электроэнергии и эксплуатационные затраты.

7.5.10. Доочистка сточных вод

Для доочистки биологически очищенных сточных вод широко применяются следующие методы.

Механический – фильтрация воды через различные виды загрузок. Процесс фильтрации осуществляется либо на поверхности, либо в глубине фильтрующего материала. Правильный выбор фильтрующей загрузки имеет основное значение для нормальной работы фильтра. Материалы, применяемые в качестве фильтрующих, не должны истираться или измельчаться в процессе эксплуатации фильтров и растворяться в фильтруемой воде, должны иметь заданную крупность зёрен. Вызывает интерес использование в качестве фильтрующей загрузки фарфорового боя и брака, специально обработанного для получения из него сыпучего материала разной дисперсности. Частицы этого материала имеют неправильную форму, шероховатую поверхность, что благоприятствует улавливанию ими взвешенных в воде частиц. Благодаря высокой стойкости к истиранию и за счёт высокой шероховатости получаемых частиц фильтрующий материал обладает повышенным свойством задержания частиц, попавших в воду. Регенерация измельчённого фарфора производится промывкой, что позволяет многократно использовать его для целей фильтрации и очистки. Дроблёный фарфоровый материал, с размерами частиц 2÷7 мм, служит для фильтрации и очистки жидкости, содержащей крупнодисперсные частицы примесей разного происхождения – органических и неорганических. Лучше всего его применять в виде дополнительного слоя к слою из мелкодробленого фарфора с размерами частиц менее 0,05÷0,25 мм. Жидкости, содержащие мелкодисперсные примеси, хорошо

фильтруются измельчённым фарфором с размерами частиц менее 0,1 мм [64, с. 114-115].

Биологический – биопруды, биологическая очистка в аэротенках и её различные модификации, позволяющие более глубоко очищать сточные воды, в основном за счёт повышения количества работающей биомассы. Однако с ростом объемов стоков биопруды занимают больше площади и используются мало.

Физико-химический – пенная флотация.

Наиболее существенные принципиальные отличия способов флотации, применяемых для очистки сточных вод, связаны с насыщением жидкости пузырьками воздуха или газа желаемой крупности, поэтому и классифицировать их удобнее по этому признаку. В зависимости от коллоидности стоков, применяют следующие способы флотационной обработки сточных вод:

- с выделением воздуха из раствора – вакуумные, напорные и эрлифтные установки;
- с механическим диспергированием воздуха – импеллерные, безнапорные (пенные) и пневматические установки;
- с подачей воздуха через пористые материалы;
- электрофлотация;
- биологическая и химическая флотация.

Безнапорная (пенная) флотация – наиболее проста в строительстве и эксплуатации и менее затратна.

Напорная флотация требует дополнительных средств на строительство.

Электрофлотация – самый дорогостоящий процесс. Кроме того, при окислении электродов наблюдается вторичное загрязнение стоков. Флотация как метод очистки сточных вод от нерастворимых загрязнений и некоторых растворённых веществ должна найти более широкое распространение.

7.6. Реконструкция малых населённых пунктов с повышением производительности и качества очистки сточных вод

В нашей стране в эксплуатации находится более 4500 станций очистки городских, поселковых и производственных сточных вод. В большинстве случаев эти станции не дали ожидаемого результата. Следовательно, огромные средства, вложенные в капитальное строительство этих станций, не окупаются и не обеспечивают защиты водоёмов от загрязнений. Многие водоёмы находятся в критическом состоянии и близки к полной гибели. Если в ближайшие годы не будут приняты кардинальные меры (например, закрывают предприятия переработки сельхозпродуктов до решения вопросов об очистке их стоков перед сбросом в водоём), то многие населённые пункты будут лишены доброкачественной питьевой воды.

Решая социальную задачу возрождения России и здорового общества, нельзя оставаться равнодушным к ситуации охраны окружающей среды, которая в настоящее время сложилась в стране. Сегодня многие страны Европы озабочены проблемой улучшения санитарного и экологического состояния окружающей среды. Россия тоже не должна оставаться равнодушной к реше-

нию этой важной социальной проблемы и обращать внимание на эффективность очистки сточных вод на станциях.

Эффективность очистки сточных вод достигается при обеспечении надлежащего ухода за очистными канализационными сооружениями, постоянного учета и контроля со стороны эксплуатационного персонала за ходом технологического процесса. Если отсутствует контроль за равномерным распределением сточной жидкости и твёрдой фазы её по параллельно работающим сооружениям, наблюдается перегрузка сооружений, в результате чего нарушается технологический процесс очистки и обработки сточной воды.

В процессе изучения работы малых очистных канализационных сооружений установлено, что основными причинами, нарушающими их нормальную работу, являются следующие:

- ◆ перегрузка сооружений,
- ◆ залповые подачи сточной жидкости или её компонентов (песок, тряпки, осадок и др.),
- ◆ затопление паводковыми или грунтовыми водами,
- ◆ нарушение графика капитального и текущего ремонта,
- ◆ нарушение правил технической эксплуатации и техники безопасности.

Для обеспечения нормальной работы очистных канализационных сооружений необходимо:

- ✓ составить технологический паспорт очистной станции в целом и каждого сооружения в отдельности, в котором должна быть указана проектная производительность сооружения, технические данные, предельные нагрузки и оптимальный режим работы сооружений;
- ✓ регулярно вести наблюдения за количеством поступающей на сооружения жидкости и загрязнений; организовать регулярный контроль над работой станции регистрацией количества поступающих на очистные сооружения сточных вод за сутки и по часам суток, эффективности работы отдельных сооружений и их комплекса.

Для определения эффективности работы малых сооружений не реже одного раза в месяц производят химические и бактериологические анализы отобранных среднесуточных проб сточной воды перед каждым сооружением и после него. Пробы для анализов поступающих и очищенных сточных вод должны забираться через определенные интервалы в течение суток с замером температуры сточной воды и воздуха. Результаты анализов сточных вод должны записываться в журнал учёта эффективности работы сооружений. Наряду с общими правилами эксплуатации малых очистных сооружений каждое сооружение имеет свои особенности технологического процесса.

Существующие комитеты по охране окружающей среды и природных ресурсов просто контролируют качество, сбрасываемых сточных вод в водоёмы. Настало время пересмотреть их деятельность и наделить их обязанностью по разработке рекомендаций для улучшения качества работы очистных сооружений, оценки пригодности построенных ОСК к основной технологической деятельности и реконструкции существующих станций в свете уже-

сточения норм сброса в водоёмы. За загрязнение окружающей среды должны нести ответственность не только сотрудники «Водоканалов», но и прежде всего те исполнители разработок проектов и специалисты, согласовавшие эти проектные решения. Ответственность проектировщиков и согласующих экспертных организаций должна быть одинаковой перед законом.

Рассмотрим на примере Воронежской области, в которой проживает около 2,3 млн жителей, ситуацию с малыми очистными станциями. Для очистки всех видов сточных вод (общее количество около 850 тыс. м³/сут) построены и находятся в эксплуатации свыше 40 очистных станций муниципального и ведомственного подчинения (табл. 17).

Таблица 17

Сводная ведомость очистных станций Воронежской области по производительности с анализом соответствия их существующим нормам

Проектная производительность очистной станции, тыс. м ³ /сут	Общее количество станций, шт.	Число станций, работающих с показателями	
		не отвечающими проектным	превышающими ПДС
Менее 1 (от 0,2 до 0,7)	более 10	10	10
Около 1	12	12	12
До 5	6	6	6
До 10	3	2	2
До 30	5	3	2
Более 300	2	2	2

Из табл. 17 видно, что не все очистные станции, имеющиеся в области, обеспечивают проектные показатели качества очистки сточных вод. Если крупным очистным станциям уделяется несколько больше внимания и для них рассмотрены проекты реконструкции с повышением производительности и степени очистки, то малым станциям, число которых более 30 с общей пропускной способностью свыше 100 тыс. м³/сут, внимания уделяется недостаточно.

Однако во исполнение программы «Чистая вода» специалистами после долгого перерыва возобновляется обследование станций с целью их реконструкции, модернизации и повышения эффективности очистки сточных вод.

Анализ работы малых очистных станций показал, что эти сооружения не могут работать удовлетворительно по следующим объективным причинам:

- 1) естественное старение железобетонных и металлических конструкций;
- 2) из-за нерационального режима подачи сточных вод в течение суток, например, максимальные часовые расходы превышают минимальные в 5 – 8 раз и более;

- 3) установленные в канализационных насосных станциях насосы имеют подачу выше максимальных расчётных притоков на 40–50 % и более. Поэтому секундные расходы, в период включения всех рабочих насосов, значительно превышают проектные секундные расходы в 1,5–2 раза. Нарушение

гидравлической нагрузки на сооружения, даже в течение короткого времени резко снижает качество очистки сточных вод. Эффект очистки ещё в большей степени снижается и по причине резких колебаний притока концентрации загрязнений, которые в период максимальных притоков сточных вод отличаются от средних суточных в 2–2,5 раза и более. В проектах очистки сточных вод используются средние суточные показатели всех видов загрязнений, что практически не соответствует реальным условиям ни на одной станции очистки;

4) в проектах малых очистных канализационных станций с биологической очисткой, чаще всего, отсутствуют технологические регламенты, которые должны быть на каждой станции;

5) отсутствие согласованности притока сточных вод и их подачи на очистку часто приводит к перебоям поступления сточных вод, которые составляют в ночное время до 3 – 4 часов. В зимнее время происходит охлаждение воды до температуры ниже $+5^{\circ}\text{C}$, что ведёт к прекращению протекания биологического процесса очистки. Иногда на малых станциях *при очень низких наружных температурах воздуха, на поверхности воды* в сооружениях механической и биологической очистки *образуется лёд*. Этого могло бы и не быть, если в проекте была бы выполнена рекомендация СНиП 2.04.03-85 (приложение, п. 11, с.72): «сооружения для очистки сточных вод производительностью до 5 тыс. м³/сут следует размещать, как правило, в отапливаемых зданиях». Профессиональные правила не для всех проектировщиков является первостепенными, экономия капитальных вложений, к сожалению, преобладает. Следует обратить внимание на неграмотную оценку экономии, которая не учитывает экологического влияния станций очистки на водоёмы и последствий для окружающей среды. Ведь в том же СНиПе (п. 6.127, с. 33) даются более чёткие указания: «В зависимости от климатических условий района строительства, производительности очистных сооружений, режима притока сточных вод и их температуры биофильтры **надлежит** размещать в помещениях (отапливаемых при $T_{\text{ср.год.}}$ менее $+3^{\circ}\text{C}$ или в неотапливаемых при $+3^{\circ}\text{C} < T_{\text{ср.год.}} < +6^{\circ}\text{C}$)». Однако для районного центра п.г.т. Анна (со средней годовой температурой наружного воздуха менее 6°C) биофильтры были построены на открытой местности, что является нарушением СНиП и технологического процесса. При допустимой концентрации БПК_{полн.} исходной воды не более 300 мг/л, фактическая величина БПК_{полн.} составляет около 1500 мг/л. Норматив нарушен по причине несоответствия соотношений количества производственных и бытовых сточных вод. Количество производственных сточных вод (без локальной очистки) более чем в 3 раза превышает количество бытовых сточных вод. В результате нарушения допустимых технологических условий биофильтры были выключены из работы и сточные воды после механической очистки поступают в р. Битюг, загрязняя её;

б) согласно технологическому условию максимальная скорость окисления в аэротенках органических веществ городских сточных вод не должна превышать $\rho_{\text{max}}=85$ мг/(г·ч). Нарушение равномерной подачи сточных вод и

загрязнений в них приводят к превышению максимальной величины БПК_{полн.} $\geq 500 - 700$ мг/л, а минимальная концентрация органических веществ составляет БПК_{полн.} $\leq 50 - 70$ мг/л. При средней суточной дозе ила в аэротенке $a_t \leq 1,5$ г/л в часы максимального притока сточных вод и БПК_{полн.} нагрузка на активный ил в начале биологического процесса составляет 300–500 мг/(г·ч), что в 5–6 раз выше допустимого нормируемого показателя. В ночные часы суток нагрузка по БПК_{полн.} на активный ил снижается до 30–50 мг/(г·ч), т.е. 1,5–3 раза ниже допустимой максимальной величины. Изменение нагрузки на активный ил в течение суток ведёт к увеличению показателя илового индекса до 250–350 см³/г. Такой ил плохо оседает во вторичных отстойниках и выносится из них. Погибший после хлорирования ил часто загнивает в контактных резервуарах и выносится в водоём вместе со сточными водами, загрязняя его;

7) в контактных резервуарах часто отсутствуют устройства для сбора и отвода выпавшего шлама;

8) при выборе конструктивных решений для очистки малых количеств сточных вод в проекты включаются не самые совершенные сооружения из числа возможных. Чаще всего используются *типовые вертикальные отстойники* , у которых объём активной зоны отстаивания не превышает 35%, а эффект осветления в них сточных вод не превышает 30–40 %;

9) даже проекты с применением усреднителей, для повышения надёжности работы сооружений и эффекта удаления загрязнений из сточных вод, не приводят к желаемому результату. Это можно объяснить невозможностью *усреднителей типовых конструкций* стабилизировать часовые расходы сточных вод и загрязнения в них в течение суток, потому что они работают по принципу вытеснителей – сколько поступает, столько же и вытесняется. *Усреднители без регулирующих устройств* количества подающей воды на очистку *не обеспечивают стабилизации* расходов в них;

10) вновь введённые в эксплуатацию станции очистки сточных вод пос. Панино, Таловая и Воробьёвка построены по проекту проектной организации «ТехноЭко». В процессе эксплуатации наблюдается вынос солей аммония, превышение нормативного режима работы воздуходувок. Для обеззараживания запроектировано УФ-облучение без предварительной доочистки;

11) на большинстве станций, эксплуатируемых с прошлого века, первичные отстойники работают как накопители осадка. Осадок из них удалять нечем, т.к. предусматриваемые для этих целей эрлифты и гидроэлеваторы вышли из строя и на ряде станций демонтированы.

В г. Калач очистные сооружения находятся в стадии строительства (освоено 90 % СМР). Десять посёлков сбрасывают стоки без очистки в реки, так как очистные станции в них отсутствуют. По каждой станции необходимо принимать конкретные меры, выполнять технологический анализ и расчёты, чтобы выработать стратегию их реконструкции.

В России на системах малой канализации до настоящего времени эксплуатируются установки биологической очистки бытовых и близких к ним

по составу производственных сточных вод типа КУ12-700, разработанные и доведенные до серийного производства в 1969 г., при этом диапазон производительности типовых установок составляет от 12 до 700 м³/сут.

На все операции по эксплуатации установок типа КУ требуется ежедневно не более 2-3 ч. В остальное время очистная станция не требует присутствия обслуживающего персонала. В случае аварии насосных или воздухоудных агрегатов включаются резервные агрегаты (с помощью простейшей автоматики, предусмотренной проектом).

Для нормальной и эффективной работы установок этого типа необходимо обеспечить баланс между их производительностью по расходу и количеством органических загрязнений (по БПК_{полн}), поступающих в них со сточными водами.

Установки рассчитаны на очистку хозяйственно-бытовых сточных вод при норме водоотведения 200 л/(чел.·сут), расчётная концентрация органических загрязнений в сточных водах по БПК₅ - 270 мг/л, взвешенных веществ - до 325 мг/л.

Аэрационная зона установок, работающих по методу полного окисления, рассчитана на окислительную мощность до 270 г БПК₅/(м³/сут) при средней дозе ила 3,5-4 г/л. Объём зоны стабилизации установок заводского изготовления производительностью 200 м³/сут определён исходя из продолжительности обработки избыточного активного ила (в течение семи суток), а объём зоны отстаивания рассчитан на пребывание сточных вод не менее 1,5 ч.

Время работы насосного агрегата, подающего стоки на компактную установку, в течение суток составляет 6,6 - 8 ч, в остальное время он простаивает, так как фактическая производительность насосной станции определяется производительностью её рабочих насосных агрегатов и составляет 185 – 205 м³/ч, суточный приток сточных вод на насосную станцию не превышает 1040 м³/сут. Насосные агрегаты работают в автоматическом режиме в зависимости от уровня сточных вод в приёмном резервуаре; не оснащены расходомерами для контроля количества перекачиваемых сточных вод; манометры для измерения развиваемого давления на напорной магистрали не установлены. Фактическая производительность установленных насосных агрегатов значительно превышает объём поступающих в приёмный резервуар стоков, поэтому режим работы станции характеризуется как кратковременный, прерывистый.

Поскольку на станции не работает система взмучивания осадка в приёмном отделении, оно заиливается, осадок загнивает, ухудшая качество подаваемых на установки КУ-200 сточных вод. Одновременно, по мере роста слоя осадка в приёмном отделении, он перекачивается в установки КУ-200, заиливая их. Скапливающийся осадок подвержен загниванию, что приводит к постепенному снижению эффективности работы установки.

Установленная в приёмном отделении решётка с ручной очисткой с прозорами 20-25 мм позволяет улавливать лишь достаточно крупные включения (отбросы), количество которых невелико. Основная масса включений, проходящих через прозоры решётки, перекачивается на установки КУ, ухудшая ус-

ловия их работы. Завышенная подача насосных агрегатов КНС приводит к периодической кратковременной перегрузке по расходу установок КУ-200, при этом большую часть суток установки простаивают без поступления сточных вод в режиме аэрации и голодания биомассы. Перегрузка установок по расходу (особенно зоны отстаивания активного ила) неизбежно приводит к выносу активного ила с очищенной водой, что снижает качество очищенной воды. Расчётный расход сточных вод на одну установку КУ должен составлять $20 \text{ м}^3/\text{ч}$, продолжительность аэрации – 4,5 ч.

Если смонтировать в КНС два фекальных насосных агрегата (рабочий и резервный) с подачей $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напором 12-15 м, то можно обеспечить равномерную подачу сточных вод в течение суток на очистные сооружения, непрерывное питание для биомассы биологической очистки сточных вод.

Концентрации загрязнений по данным лаборатории станции очистки и анализу качества сточных вод, поступающих на очистку, составляют:

БПК₅ – 115,2 мг/л;

БПК_{полн.} – 161,84 мг/л;

ХПК – 190,4 мг/л;

взвешенные вещества – 78 мг/л.

С целью повышения эффективности очистки сточных вод и сокращения энергопотребления основными блоками емкостей следует предусматривать:

- равномерную подачу, замену турбовоздуховодных агрегатов на газодувки;
- установку разделительных перегородок, обеспечивающих работу аэротенков в режиме вытеснения для улучшения гидродинамических условий в зоне аэрации и повышения эффективности их работы;
- замену перфорированных труб аэрации на перфорированные телескопические по длине трубы $D_v = 150-65 \text{ мм}$ для обеспечения равномерной и регулируемой подачи воздуха по площади дна зон.

Для повышения производительности и качества очистки малых количеств сточных вод целесообразно шире внедрять реконструкцию и модернизацию имеющихся сооружений за счёт переоборудования их новыми конструктивными элементами и использованием прогрессивных технологических процессов; стабилизировать нагрузку на все типы сооружений в течение суток; эффективнее использовать систему аэрации сточной воды и ила; использовать возможность повышения процесса окисления органических веществ за счёт встроенных биоблоков с прикрепленной биомассой. Все это даст возможность повысить производительность существующих очистных станций в малых населённых пунктах, поднять качество очистки сточных вод и тем самым прекратить загрязнение водоёмов и окружающей природной среды.

Вопросы по курсу
«Реконструкция инженерных сетей и сооружений
водоснабжения и водоотведения»

1. Основные причины низкой надёжности систем водоснабжения и водоотведения.
2. Основные требования к процессам реконструкции существующих систем водоснабжения и водоотведения.
3. В каких целях выполняются инженерные изыскания и чем определяется необходимость выполнения тех или иных видов инженерных изысканий?
4. Что является предметом государственной экспертизы проектной документации?
5. При каких условиях разрешение на строительство не может быть выдано?
6. На какой срок выдаётся разрешение на строительство?
7. Какие обязанности возлагаются на лицо, осуществляющее строительство, в соответствии с Градостроительным кодексом?
8. Какими органами осуществляется государственный строительный надзор?
9. Какие документы прилагаются к заявлению о выдаче разрешения на ввод реконструируемого объекта в эксплуатацию?
10. Что является основанием для отказа в выдаче разрешения на ввод объекта в эксплуатацию?
11. Типы водозаборных сооружений и факторы выбора того или иного типа.
12. Какие вопросы решаются при проектировании реконструируемых водозаборных узлов.
13. Какие вопросы решаются при расширении существующего водозаборного узла.
14. Причины низкой надёжности работы подрусловых водозаборов и действия при реконструкции.
15. Реконструкция водозаборов из поверхностных источников.
16. Регенерация действующих водозаборных скважин.
17. Расчёт объёма соляной кислоты, заливаемого в скважину при её регенерации.
18. Реконструкция водозаборов из подземных источников.
19. Причины перебоев в работе системы подачи и распределения воды и пути их устранения.
20. Пути реконструкции существующих сетей водоснабжения.
21. Какие вопросы решаются при расчете реконструируемых систем подачи и распределения воды.
22. Выбор оптимального графика работы насосов, питающих водопроводную сеть, и распределение нагрузки между насосными станциями.
23. Факторы, от которых зависит оптимальное распределение нагрузки между несколькими насосными станциями, питающими водопроводную сеть.
24. Последствия отсутствия напорных регулирующих ёмкостей в системах водоснабжения городов и пути их устранения.

25. Решение вопроса о выборе количества и места расположения на сети водонапорных башен.
26. Перечислите причины тяжёлого положения на водопроводных очистных станциях страны и пути их устранения.
27. Назовите пути повышения производительности и качества осветления воды за счёт конструктивных изменений.
28. Назовите пути повышения производительности и качества осветления воды за счёт применения новых фильтрующих материалов.
29. Перечислите технологические приёмы, используемые для повышения качества водоподготовки.
30. Перечислите новые технологические процессы, используемые для повышения качества водоподготовки.
31. Назовите пути повышения эффективности смесительных устройств станций водоподготовки.
32. Назовите пути повышения эффективности работы камер хлопьеобразования.
33. Назовите пути повышения эффективности работы отстойников и осветлителей с взвешенным слоем.
34. Назовите пути повышения грязеемкости фильтрующей загрузки и скорости фильтрования в фильтровальных сооружениях.
35. Назовите пути повышения эффективности работы скорых фильтров.
36. Перечислите преимущества работы двухслойных фильтров по сравнению с однослойными.
37. Какие новые химические реагенты применяются для приготовления питьевой воды.
38. Перечислите преимущества полиоксихлорида алюминия перед сернокислым алюминием.
39. Какие эксплуатационные показатели позволяют улучшить комплексные мероприятия по повышению надёжности работы водоотводящих сетей?
40. Перечислите, чем чаще всего обусловлены нарушения нормальной работы водоотводящих сетей, и каковы пути их устранения?
41. Перечислите наиболее характерные недостатки при проектировании водоотводящих сетей, приводящие к ухудшению их работы.
42. Перечислите наиболее характерные дефекты строительства водоотводящих сетей, приводящие к ухудшению их работы.
43. Перечислите мероприятия при реконструкции существующих водоотводящих сетей, приводящие к улучшению их работы.
44. Перечислите пути улучшения гидравлических условий существующих водоотводящих сетей при их реконструкции.
45. Перечислите причины частого засорения труб водоотводящих сетей малых диаметров.
46. Как влияет сокращение водопотребления на работу водоотводящих сетей и как ликвидировать этот недостаток при их реконструкции.
47. Каковы причины тяжёлого положения на канализационных очистных станциях страны и основные пути их устранения.

48. Влияние работы канализационных насосных станций на работу канализационных очистных станций.
49. Перечислите перспективные технологии, повышающие качество механической очистки.
50. Перечислите пути повышения эффективности работы решёток при реконструкции канализационных очистных станций.
51. Перечислите пути повышения эффективности работы песколовков при реконструкции канализационных очистных станций.
52. Назовите пути повышения эффективности работы первичных отстойников при реконструкции канализационных очистных станций.
53. Перечислите условия применения новых технологий и конструкций сооружений при реконструкции канализационных очистных станций.
54. Основная идея создания новых элементов и конструкций сооружений канализационных очистных станций.
55. Каковы причины неэффективной работы сооружений биологической очистки на канализационных очистных станциях.
56. Перечислите новые энергосберегающие технологии биологической очистки сточных вод.
57. Каковы условия применения прикреплённой микрофлоры в биофильтрах и аэротенках.
58. Перечислите комплекс технологических и конструктивных решений реконструкции аэротенков для повышения в них эффективности работы.
59. Назовите пути интенсификации окислительной способности активного ила и всего технологического процесса биологической очистки сточных вод.
60. Перечислите объективные причины не удовлетворительной работы сооружений малых канализационных очистных станций.
61. Назовите пути повышения производительности и качества очистки малых канализационных очистных станций при реконструкции.
62. Перечислите приёмы, позволяющие повысить производительность канализационных очистных станций в 1,5 – 2 раза.
63. Каковы новые технологии доочистки сточных вод.
64. Перечислите способы флотационной обработки сточных вод, применяемые при реконструкции существующих очистных станций.
65. Назовите причины высоких затрат на стабилизацию осадков и пути их устранения при реконструкции существующих канализационных очистных станций.
66. Назовите конструктивные недостатки типовых метантенков.
67. Перечислите технологические недостатки типовых метантенков.
68. Перечислите конструктивные недостатки типовых аэробных стабилизаторов.
69. Перечислите технологические недостатки типовых аэробных стабилизаторов.
70. Назовите преимущества и недостатки метантенков и аэробных стабилизаторов друг перед другом и выбор оптимального варианта стабилизации осадка при реконструкции.
71. Назовите пути интенсификации метантенков.
72. Перечислите пути интенсификации аэробных стабилизаторов.

73. Перечислите пути интенсификации работы сооружений механического обезвоживания при реконструкции существующих канализационных очистных станций.
74. Назовите конструктивные, технологические и физико-химические способы обеспечения оптимальных условий разделения суспензий на существующих канализационных очистных станциях.
75. Назовите пути реконструкции работы иловых площадок.
76. Назовите новые способы и технологии утилизации осадков, снимаемых с решёток и песколовков канализационных очистных станций, их преимущество перед существующими способами.
77. Каков способ получения из осадков сточных вод готового продукта?
78. Какие сооружения можно исключить из традиционной схемы существующих канализационных очистных станций при производстве готовой продукции из всех видов осадков?
79. Приведите последовательность расчёта отстойника со встроенными тонкослойными модулями и взвешенным слоем осадка.
80. Приведите последовательность расчёта метантенков с фазовой сепарацией осадков.
81. Приведите последовательность расчёта аэробных стабилизаторов новой конструкции.
82. Как изменятся технологические параметры иловых площадок при раздельной стабилизации первичного осадка и избыточного активного ила в новых конструкциях стабилизаторов?
83. В чём преимущество резервуара усреднителя – накопителя новой конструкции?
84. Какое оборудование необходимо устанавливать до усреднителя и в нём, чтобы предотвратить осаждение и загнивание осадка в резервуаре?
85. Каковы последствия неудовлетворительной работы решёток?
86. Каковы последствия неудовлетворительной работы песколовков?
87. Каковы последствия несвоевременного удаления осадка из первичных отстойников?
88. Какие сооружения биологической очистки целесообразно предусматривать на станциях малой производительности?
89. Какие сооружения стабилизации осадков эффективно удаляют из осадков патогенную микрофлору?
90. С какими исходными технологическими параметрами допустимо подавать очищенную сточную воду на УФ-облучение?
91. Назовите способы и конструктивные элементы, позволяющие оперативно изменять технологические параметры песколовков, первичных отстойников, аэротенков в случае изменения исходных концентраций и расходов, поступающих на очистку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современный специалист должен понимать технологические процессы очистки природных и сточных вод, знать основные эксплуатационные характеристики и уметь анализировать их с целью выбора рациональной схемы технологической очистки станции и всей системы водоснабжения и водоотведения в целом. В условиях старения современной застройки и её реконструкции специалист должен принимать грамотные решения, в центре которых должны стоять проблемы комфортного существования человека в инфраструктуре любого населённого пункта.

Для того чтобы запроектированные очистные станции удовлетворяли всем современным методам, необходимо глубоко анализировать технологические и гидравлические параметры каждой ёмкости и взаимовлияние ёмкостей друг на друга. Важно знать, при каких исходных параметрах работает то или иное сооружение, и строго выполнять эти нормативы, иначе сооружения будут обречены на неэффективную работу, а затраченные на их проектирование, строительство средства будут выброшены на ветер. Эксплуатационники будут обременены постоянными непредвиденными расходами на их ремонт, модернизацию и т.п.

При реконструкции любого объекта следует грамотно подойти к анализу действующих элементов, всех их параметров, выполнить инженерные изыскания для получения дополнительных данных. В некоторых ситуациях необходимо учитывать перспективу развития населённого пункта по численности населения, застройке территории, размещению промышленных предприятий, деловых центров, спальных районов, и только когда «картина боя» прояснится, можно приступать к выполнению проекта реконструкции. Предпочтение следует отдавать вариантной проработке с технико-экономическими расчётами и прогнозами на перспективу. Для обеспечения этих условий специалисту следует овладеть методами расчёта новых сооружений и методиками оценки технологических параметров при изменениях тех или иных эксплуатационных ситуаций.

Вопросы по курсу лекций нацелены на получение будущими специалистами навыка аналитического мышления в поиске рациональных решений с использованием передовых технологий, анализ современных требований в строительстве, экономике и экологии.

Надеемся, что пособие привьёт студентам навыки:

- анализа работы сооружений, оценки их достоинств и недостатков,
- выбора рациональных технологических параметров систем, сооружений и их элементов,
- системного подхода при анализе работы систем водоснабжения и водоотведения;
- разработки проектов реконструкции инженерных систем и сооружений водоснабжения и водоотведения населённых мест и промышленных предприятий; будет способствовать лучшему усвоению дисциплины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

ОСНОВНОЙ

1. Водный кодекс Российской Федерации от 16.11.1995 № 167-ФЗ.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ.
3. Журавлев В.Д. Механическая очистка городских сточных вод [Текст]: учебное пособие/ В.Д. Журавлев, И.В. Журавлева/ Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. - Воронеж, 2008. – 220 с.
4. Журавлева И.В. Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения: учеб. пособие/ И.В. Журавлева; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2003. – 120 с.
5. Замена водопроводных и канализационных систем квартир КН 90-00327.
6. Инструкции по монтажу пластмассового канализационного трубопровода с точки зрения противопожарной безопасности и звукоизоляции. LVI23-10311.
7. Инструкция по обследованию состояния водопроводного и канализационного оборудования – Союз сантехнических фирм Финляндии – 1998.
8. Касьянов В.Ф. Реконструкция жилой застройки городов/ В.Ф. Касьянов. – М.: АС, 2005.
9. Орлов В.А. Строительство и реконструкция инженерных сетей и сооружений: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ В.А. Орлов. – М.: изд. центр Академия, 2010. -304 с.
10. Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений/ Ю.В.Воронов, В.П. Соломеев, А.Л. Ивчатов и др.; под ред. С.В. Яковлева – М.: Стройиздат, 1990. – 224с.
11. Реконструкция и обновление сложившейся застройки города [Текст]: учеб. пособие для вузов/под общ. ред. П.Г. Грабового и В.А. Харитонов. – М.: Изд-ва «АСВ» и «Реапроект», 2006. – 624 с.
12. Римшин В.И., Основы правового регулирования градостроительной деятельности: учеб. пособие для строительных вузов/ В.И. Римшин, В.А. Греджев – М.: Высшая школа, 2006. – 280 с.
13. СанПиН 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения.
14. Скирдов И.В. Интенсификация биологической очистки за счёт применения прикреплённой микрофлоры// ВиСТ, 1998, № 6, с.10-12.
15. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение, наружные сети и сооружения/ Госстрой России – М.: ГУП ЦПП, 1986. – 72с.
16. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. –72с.
17. СНиП 11-04-2003. Инструкции о порядке разработки, согласования, экспертизы и утверждения градостроительной документации - М.: 2004.
18. Совершенствование конструкций и интенсификация работы сооружений стабилизации осадков сточных вод: автореф. на соиск. уч. степени канд.

- техн. наук/ И.В. Журавлева: 05.23.04 – водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов - Воронеж, 1997. – 17 с.
19. Стражников А.М. Мониторинг качества жилищного фонда/А.М. Стражников. – М.: Академстройнаука, 2002.
 20. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
 21. Федеральный закон от 17.11.1995 № 169-ФЗ «Об архитектурной деятельности в Российской Федерации».
 22. Хоружий П.Д. Реконструкция систем водоснабжения: Расчёт и проектирование/ П.Д. Хоружий, М.В.Шаров. – Киев, Будівельник, 1983. – 144 с.
 23. Чистая вода – 2009: Труды Международной научно-практической конференции/ под общ. ред. Т.А. Красновой; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2009, - 504с.
 24. Шрейбер К.А. Вариантное проектирование при реконструкции жилых зданий/ К.А. Шрейбер. – М.: Стройиздат, 1991.
 25. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов / С.В.Яковлев, Ю.В. Воронов. - М.: АСВ, 2002. – 704 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ

26. А.с. СССР № 1089218. Е 03 F 5/14. Горизонтальная песколовка// Журавлев В.Д., Дроздов Е.В., Калицун В.И. и др. Бюл. № 16 от 30.04.1984.
27. А.с. СССР № 1231006. С 02F 3/02. Установка для биологической очистки сточных вод// Журавлев В.Д., Дроздов Е.В., Деев В.М. и др. Бюл. № 18 от 15.05.1986.
28. Ав. св. СССР № 992674 (Е 03 F 5/14). Устройство для задержания отбросов из сточной жидкости. Журавлев В.Д., Дроздов Е.В., Калицун В.И. и др. – 30.01.1983.
29. Абамович Г.Н. Теория турбулентной струи/ Г.Н. Абамович. – М.: Наука, 1984. -720с.
30. Бабкин В.Ф., Журавлева И.В. Исключение риска загрязнения окружающей среды при авариях на канализационных насосных станциях: тезисы докладов I международной научно-практической конференции// Оценка риска и безопасность строительных конструкций, II// под ред. И.С. Суровцева; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. - Воронеж, 2006. – С.190-193.
31. Бабкин В.Ф. Новый подход к решению проблемы обработки и утилизации осадков сточных вод/ В.Ф. Бабкин, И.В. Журавлева, В.Д. Журавлев//Сб. тезисов докладов к научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГУП «НИИ ВОДГЕО»: Водоснабжение, водоотведение, гидротехника, инженерная гидрогеология. – М.: Изд-во ЗАО «ДАРВОДГЕО», 2004. – С.114 – 115.
32. Бабкин В.Ф., Журавлев В.Д., Журавлева И.В. Достоверность существующих норм водоотведения и оплата их потребителями/ В.Ф. Бабкин,

- В.Д. Журавлев, И.В. Журавлева// Труды 8-й международной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии»/ Воронежское отделение Российской экологической академии. – Воронеж, 2005. – С.345-349.
33. Банк данных обследования состояния трубопроводов: дипломная работа Томми Сааринен (АМК). – Хельсинки, 2004.
 34. Васильев Г.А. Гидравлическое взаимодействие входных дырчатых перегородок и зоны осаждения горизонтальных водопроводных отстойников. – Водоснабжение и санитарная техника, 1966, № 1.
 35. Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность//Труды IV Международной научно-практической конференции - Кемерово: СибГИУ, КВК «Экспо-Сибирь», 2001. – 81 с.
 36. Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность//Труды V Международной научно-практической конференции - Кемерово: ОАО «Кемвод», СибГИУ, ЗАО КВК «Экспо-Сибирь», 2002. – 110 с.
 37. Гетманцев С.В. Основные тенденции применения коагулянтов в России и за рубежом//В и СТ, 2005, № 8. – С. 2-7.
 38. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. – М.: 2005. – 576с.
 39. Журавлев В.Д. Объективная необходимость в реформировании водного законодательства РФ//Сб. тезисов докладов к научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГУП «НИИ ВОДГЕО»: Водоснабжение, водоотведение, гидротехника, инженерная гидрогеология. – М.: Изд-во ЗАО «ДАР\ВОДГЕО», 2004. – С.7 – 8.
 40. Журавлев В.Д. Оценка технологических решений по интенсификации работы аэротенков// Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. Серия Инженерные системы зданий и сооружений – Воронеж, 2003, Вып. 1. – С.117-120.
 41. Журавлев В.Д. Подход к выбору схем очистки сточных вод// Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. Серия Инженерные системы зданий и сооружений– Воронеж, 2003, Вып. 1. – С.113-116.
 42. Журавлев В.Д., Журавлева И.В. Роль новых технологий в интенсификации работы существующих станций очистки сточных вод//Сб. тезисов докладов к научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГУП «НИИ ВОДГЕО»: Водоснабжение, водоотведение, гидротехника, инженерная гидрогеология. – М.: Изд-во ЗАО «ДАР\ВОДГЕО», 2004. – С.83 – 86.
 43. Журавлев В.Д., Злобин Б.Е. Интенсификация режима работы отстойников за счёт совершенствования их конструкций// Инженерные мероприятия по охране и улучшению санитарного состояния водоёмов от загрязнений сточными водами. – Киров, 1976, - 62с.
 44. Журавлев В.Д., Журавлева И.В., Бабкин В.Ф. Новые технологии и конструкции для интенсификации осветления городских сточных вод и условия их применения//Труды 9-ой международной научно-

- практической конференции «Высокие технологии в экологии» - Воронежское отд. Российской экологической академии, 2006. – С. 173 – 176.
45. Журавлев В.Д., Журавлева И.В., Бабкин В.Ф., Усенков Ю.В. Целесообразность усреднения сточных вод и загрязнений в них, направляемых на очистку//Труды 9-ой международной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии» - Воронежское отд. Российской экологической академии, 2006. – С. 273 – 276.
 46. Журавлева И.В. Методы обеспечения безопасности транспортирования сточных вод [Текст]/И.В. Журавлева, В.Ф. Бабкин// Материалы международного конгресса: Наука и инновации в строительстве, Том 3: Оценка риска и безопасность строительных конструкций/ Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. - Воронеж, 2008. – С.142-147.
 47. Журавлева И.В. Надёжность работы водоотводящих сетей при различной транспортирующей способности// Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. Серия Инженерные системы зданий и сооружений – Воронеж, 2003, Вып. 1. – С.105-109.
 48. Журавлева И.В., Журавлев В.Д. Совершенствование режимов водоотведения и улучшения гидравлических условий транспортирования сточных вод// Труды VII Международной научно-практической конференции – Кемерово: ОАО «КемВод», ЗАО КВК «Экспо-Сибирь», 2004. – С. 80 -82.
 49. Журавлева И.В. Оценка основных принципов, положенных в существующую методику расчёта водоотводящих сетей//Межвузовский сб. научных трудов «Научно-технические проблемы систем теплоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения» /Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2002. – С.66-70.
 50. Мошнин Л.Ф. Применение регулирующих ёмкостей в системах водоснабжения//ВиСТ №1, 1998. – С.14 – 15.
 51. Муравьева Л.В. Методы обеспечения безопасности трубопроводного транспорта//В сб. тезисов «Оценка риска и безопасность строительных конструкций» I межд. научно-практической конференции, том II – Воронеж, 2006. – С.199.
 52. Научно-технические проблемы систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения: Межвуз. сб. науч. тр./ ВГАСА. – Воронеж, 2000. - С. 183-192.
 53. Научно-технические проблемы систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения: Межвуз. сб. науч. тр./ ВГАСА. – Воронеж, 2002. - С. 61-70.
 54. Неговский И.С., Хабибуллин Т.Ф., Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Опыт применения гидроантрацита в скорых фильтрах//Водоснабжение и санитарная техника, 2005, № 10, Ч.II. – С. 25-27.
 55. Непаридзе Р.Ш. Мелкопузырчатая система аэрации в аэротенках//ВиСТ №7, 2005.–С. 12-16.

56. Патент РФ № 2138317 (В 01Д 21/00) Резервуар - накопитель. Журавлев В.Д., Журавлева И.В., Бабкин В.Ф., Алексеев М.И. - Бюл. № 27 от 27.09.1999.
57. Патент РФ № 2114788 (С02F 1/52. 11/00). Радиальный отстойник для разделения иловой смеси. Журавлев В.Д., Бабкин В.Ф., Журавлева И.В. - Бюл. № 19 от 10.07.1998.
58. Патент РФ № 2114793 (С02F 3/02. 3/16). Установка биологической очистки сточных вод. Журавлева И.В., Бабкин В.Ф., Журавлев В.Д. – Бюл. № 19 от 10.07.1998.
59. Патент РФ № 2153384. В 01 Д 21/08. Вертикальный отстойник.// Журавлев В.Д., Журавлева И.В., Бабкин В.Ф., Алексеев М.И. Бюл. № 21 от 27.07.2000.
60. Патент РФ № 2174858 (В 01Д 21/02). Песколовка. Яковлев С.В., Журавлев В.Д., Журавлева И.В., Бабкин В.Ф., Акинъшин Н.Г. – Бюл. № 29 от 20.10.2001 г.
61. Патент РФ № 2186047 (С 04 В 38/06, 20/10). Способ получения пустотелого заполнителя/ Яковлев С.В., Журавлев В.Д., Журавлева И.В., Бабкин В.Ф., Акинъшин Н.Г. – Бюл. 21, 27.07.2002.
62. Патент РФ № 2191619 (В 01Д 21/02). Радиальный осветлитель. Яковлев С.В., Журавлев В.Д., Журавлева И.В., Бабкин В.Ф., Акинъшин Н.Г. – Бюл. № 30 от 27.10.2002 г.
63. Полушкин В.И. Слияние струй, вытекающих из отверстий перфорированной решётки. – Водоснабжение и санитарная техника, 1965, № 8.
64. Проблемы строительства, инженерного обеспечения и экологии городов: Сб. мат. III Международной науч.-практ. конф.// Под. ред. Ю.И. Вдовина.- В 2-х частях. – Пенза: ПДЗ, 2001. – 345с.
65. Усенков Ю.В., Журавлев В.Д., Журавлева И.В., Бабкин В.Ф. Рациональный подход к повышению производительности и качества очистки сточных вод малых населённых пунктов//Труды 9-ой международной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии» - Воронежское отд. Российской экологической академии, 2006. – С. 269 – 272.
66. Храменков С.В., Дрейцер В.И. Ремонт трубопроводов бестраншейным способом с помощью комбинированного рукава//ВиСТ №7, 1998.–С. 20-22.
67. Храменков С.В., Загорский В.А., Дрейцер В.И. Современные бестраншейные методы ремонта трубопроводов //ВиСТ №3. 1998. - С. 6-9.
68. <http://www.mag.center-kgh.ru> (инновационные технологии)
69. <http://www.SBM-GROUP.RU>
70. <http://www.nwr-bio.ru/ru/index-> (реконструкция и обслуживание очистных сооружений, очистка промышленных стоков)

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И АББРЕВИАТУР

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом
БПК – биологическая потребность в кислороде
ВВ – водоснабжение и водоотведение
ВКХ - водопроводно-канализационное хозяйство
ВПС – водоподъёмная станция
ГКНС – главная канализационная насосная станция
ГОСТ – государственный стандарт
г/м³ – размерность концентрации вещества в граммах на кубический метр
ДАИ – дегидрогеназная активность ила
ЖКХ – жилищно-коммунальное хозяйство
ИТР – инженерно-технический работник
КИП – контрольно-измерительные приборы
КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика
КНС – канализационная насосная станция
КПД – коэффициент полезного действия
М – мутность
м – метр
мг/л – размерность концентрации миллиграмм на литр
мм – миллиметр
м² – квадратный метр
м³ – кубический метр
НЖК - Низшие жирные кислоты
НИИ ВОДГЕО – научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии
НИИ КВОВ – научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения и очистки воды
НС – насосная станция
РНС – районная насосная станция
ОАО – открытое акционерное общество
ОВБ - оперативно-выездные бригады
ОСВ – очистные сооружения водоснабжения
ОСК – очистные сооружения канализации
ОИС – объект индивидуальной собственности
ОХА – оксихлорид алюминия
ПВХ - поливинилхлорид
ПДК - предельно допустимые концентрации
ППА – полиакриламид
pH - реакция среды
РЧВ – резервуар чистой воды
РФ – Российская Федерация
СанПиН – санитарные правила и нормы
СНиП – санитарные нормы и правила
СН₄ – метан
СО₂ – углекислый газ
ТБО – твёрдые бытовые отходы
ТБ – техника безопасности
ТЭО – технико-экономического обоснования
Ц – цветность
ХПК – химическая потребность в кислороде
ЭВМ – электронно-вычислительная машина

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.	3
ВВЕДЕНИЕ.	5
Глава 1. Тенденции современного развития населённых пунктов и их влияние на формирование и реконструкцию инженерных сетей и сооружений	6
1.1. Застройка российских городов и её влияние на формирование инженерных сетей	10
1.2. Планировочные и конструктивные особенности реконструируемых зданий и инженерных коммуникаций в них	14
Глава 2. Актуальность проблемы реконструкции инженерных систем водоснабжения и водоотведения	16
Глава 3. Правовые основы реконструкции систем водоснабжения и водоотведения	18
3.1. Правовые основы водных объектов России.	18
3.2. Основы правового регулирования	20
3.2.1. Генеральный план поселения или городского округа	20
3.2.2. Инженерные изыскания при подготовке проектной документации	23
3.2.3. Подготовка проектной документации и получение технических условий	24
3.2.4. Реконструкция объектов капитального строительства, государственный надзор за проведение работ и ввод объекта в эксплуатацию.	25
Глава 4. Реконструкция водозаборных сооружений	26
4.1. Реконструкция водозаборов из поверхностных источников	28
4.2. Реконструкция водозаборов из подземных источников	30
4.2.1. Основные задачи реконструкции водозаборных узлов со скважинами	30
4.2.2. Повышение производительности действующих водозаборных скважин	31
4.2.3. Выбор оптимального режима совместной работы насосов и сборных водоводов подземного водозабора	37
Глава 5. Водоводы и водопроводные сети населённых пунктов	38
5.1. Выбор оптимального графика работы и подбор насосов, питающих водопроводную сеть	38
5.2. Анализ совместной работы насосов, водопроводной сети и резервуаров	40
5.2.1. Напорно-регулирующие сооружения. Классификация и область применения сооружений	41
5.2.2. Выбор места расположения водонапорной башни	43
5.3. Реконструкция существующих сетей водоснабжения	46
Глава 6. Реконструкция сооружений водоподготовки.	48
6.1. Технологические приёмы в реконструкции станций водоподготовки	48

6.2. Применение новых материалов и реагентов в реконструкции станций водоподготовки	49
6.2.1. Применение новых реагентов для очистки питьевой воды	49
6.3. Конструктивные изменения при реконструкции станций водоподготовки	52
Метод расчёта горизонтального отстойника–осветлителя с направляющим полочным распределительным устройством на входе	55
6.4. Повышение эффективности сооружений водоподготовки	57
6.4.1. Повышение эффективности смесительных устройств	58
6.4.2. Повышение эффективности камер хлопьеобразования	58
6.4.3. Повышение эффективности отстойников и осветлителей со взвешенным слоем	58
6.4.4. Повышение эффективности контактных осветлителей и фильтров	59
6.4.5. Использование контактной коагуляции на двухслойных фильтрах....	60
Глава 7. Реконструкция водоотводящих сетей и сооружений	61
7.1. Особенности проектирования при реконструкции водоотводящих сетей и сооружений	62
7.2. Совершенствование режимов транспортирования сточных вод в водоотводящих сетях	62
7.3. Реконструкция водоотводящих сетей при точечной застройке населённых пунктов	69
7.4. Подключение к существующей водоотводящей сети периферийных районов	70
7.5. Реконструкция с интенсификацией работы существующих очистных сооружений канализации	71
7.5.1. Роль каждого элемента очистки во всём технологическом комплексе	76
7.5.1.1. Последствия плохой работы решеток	77
7.5.1.2. Последствия неудовлетворительной работы песколовков	77
7.5.1.3. Последствия неудовлетворительной работы первичных отстойников	78
7.5.1.4. Последствия неудовлетворительной работы сооружений биологической очистки	78
7.5.1.5. Последствия неудовлетворительной работы сооружений стабилизации осадков	79
7.5.2. Улучшение гидравлических характеристик отдельных элементов очистной станции сточных вод	79
7.5.3. Теоретическое обоснование принимаемого решения перфорации отражателя (кожуха)	92
7.5.4. Условия применения новых конструкций сооружений	96
7.5.5. Улучшение при реконструкции параметров стабилизации осадков в аэробных и анаэробных условиях	97

7.5.6. Интенсификация работы фильтров для механического обезвоживания осадков и препараты их обезвреживания	111
7.5.7. Реконструкция иловых площадок	113
7.5.8. Новейшие технологии – альтернатива традиционных переработки и использования осадков сточных вод	114
7.5.9. Реконструкция сооружений биологической очистки	116
7.5.9.1. Реконструкция и интенсификация аэротенков.	117
7.5.9.2. Реконструкция и интенсификация биофильтров.	120
7.5.9.3. Интенсификация работы вторичных отстойников.	121
7.5.9.4. Энергосберегающие технологии биологической очистки сточных вод	123
7.5.10. Доочистка сточных вод	125
7.6. Реконструкция малых населённых пунктов с повышением производительности и качества очистки сточных вод.	126
Вопросы по курсу «Реконструкция инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения»	133
Заключение.	137
Библиографический список	138
Список сокращений	143

Учебное издание

Кандидат технических наук, доцент
Журавлева Ирина Владимировна

**РЕКОНСТРУКЦИЯ
ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ И СООРУЖЕНИЙ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Учебное пособие

*для студентов всех форм обучения
специальности 270112 «Водоснабжение и водоотведение»
и других специальностей, обучающихся
по направлению 270100 «Строительство»*

Редактор Аграновская Н.Н.

Подписано в печать 11.04. 2011 г. Формат 60*84 1/16. Уч.- изд. л. 9,2.
Усл.-печ. л. 9,3. Бумага писчая. Тираж 110 экз. Заказ № 175.

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства
учебной литературы и учебно-методических пособий
Воронежского государственного
архитектурно-строительного университета
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84